

# Mikrobiologisk förskämning av livsmedel – svinn och säkerhet

Riskprofil



---

Denna titel kan laddas ner från: [Livsmedelsverkets sida för att beställa eller ladda ner material](#).

Citera gärna Livsmedelsverkets texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovsmannens tillstånd att använda dem.

© Livsmedelsverket, 2023.

Författare:

Åsa Svanström, Maria Egervärn, Karin Nyberg, Jonas Toljander och Roland Lindqvist.

Rekommenderad citering:

Livsmedelsverket. Svanström Å, Egervärn M, Nyberg K, Toljander J, Lindqvist R. 2023. L 2023 nr 01: Mikrobiologisk förskämning av livsmedel – svinn och säkerhet. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala.

L 2023 nr 01

ISSN 1104-7089

Omslag: Livsmedelsverket

# Förord

Denna riskprofil om mikrobiologisk förskämning av livsmedel har tagits fram i syfte att sammanställa befintlig kunskap om förskämning av olika livsmedelsgrupper och kopplingen mellan förskämning och såväl matsvinn som livsmedelssäkerhet. I underlaget beskrivs vad som händer med livsmedlen, faktorer som påverkar förskämningen och hur den kan förebyggas. Riskprofilen har tagits fram på beställning av Livsmedelsverkets avdelning för Hållbara matvanor och kommer användas som samlat vetenskapligt underlag för en översyn av Livsmedelsverkets nuvarande råd och information om förskämning kopplat till svinn och säkerhet.

Författare av rapporten är Åsa Svanström, Maria Egervärn och Roland Lindqvist, mikrobiologer och riskvärderare på Livsmedelsverkets Risk- och nyttovärderingsavdelning, samt Karin Nyberg och Jonas Toljander tidigare mikrobiologer och riskvärderare på Livsmedelsverkets Risk- och nyttovärderingsavdelning.

Rapporten har granskats av: Jakob Ottoson och Melle Säve-Söderberg, riskvärderare på Risk- och nyttovärderingsavdelningen, Livsmedelsverket, Christina Lantz, chef för teamet Biologiska faror, Risk- och nyttovärderingsavdelningen, Livsmedelsverket, samt Mats Lindblad, smittskyddssamordnare, Avdelningen för säkra livsmedel, Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket

Helena Brunnkvist, Avdelningschef, Risk- och nyttovärderingsavdelningen  
Februari 2023

# Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary .....	8
Microbiological spoilage of food - waste and safety.....	8
Bakgrund .....	10
Specifika frågor som ska besvaras.....	10
Metod.....	12
Litteratursökning.....	12
Disposition.....	13
Avgränsningar.....	13
Introduktion till förskämning .....	14
Bakterier .....	15
Mögel.....	16
Jäst.....	17
Så kan förskämning förebyggas.....	17
Livsmedelsgrupper .....	20
Mjolk och mjolkprodukter.....	20
De vanligaste förskämningsorganismerna .....	20
Så påverkas livsmedlet .....	21
Kött och köttprodukter, inklusive fågelkött .....	22
De vanligaste förskämningsorganismerna .....	22
Så påverkas livsmedlet .....	24
Ägg.....	25
De vanligaste förskämningsorganismerna .....	25
Så påverkas livsmedlet .....	26
Spannmålsprodukter.....	26
De vanligaste förskämningsorganismerna .....	26
Så påverkas livsmedlet .....	28
Förskämning av frukt och grönsaker .....	28
De vanligaste förskämningsorganismerna .....	28
Så påverkas livsmedlet .....	30
Fisk och skaldjur .....	30
De vanligaste förskämningsorganismerna .....	30
Så påverkas livsmedlet .....	31
Mikrobiologiska faror .....	33

Bakterier .....	33
Mykotoxiner .....	35
Hanteringsåtgärder för säkra livsmedel .....	37
Relevant lagstiftning.....	37
Viktiga faktorer vid produktion av säkra livsmedel.....	38
Datummärkning.....	38
Bacillus cereus och mjölk – ett exempel .....	40
Svar på frågor .....	42
Specifika frågor som ska besvaras.....	42
Referenser .....	48

# Sammanfattning

Mikrobiologisk förskämning är den process där mikroorganismer, såsom bakterier, mögel- eller jästsvampar, förändrar utseende, konsistens, lukt och smak hos livsmedel så att de inte längre anses vara acceptabla att äta. Förskämning kan synas som missfärgning, slem, kolonibildning, nedbrytning av livsmedlets struktur eller gasbildning i förpackningen.

I ett visst livsmedel är det ofta bara en eller några få arter av mikroorganismer som kan tillväxa och nå tillräckligt antal för att orsaka förskämning. Mögel och jäst kan generellt tillväxa under mer varierade förhållanden än bakterier, men bakterier tillväxer snabbare. Därför är bakterier ofta den dominerande orsaken till förskämning vid förhållanden som stödjer bakteriell tillväxt, medan mögel och jäst förskämmer många typer av livsmedel där bakterier vanligtvis inte kan tillväxa.

Förekomsten av förskämmande mikroorganismer i ett livsmedel beror på vilka och hur många mikroorganismer som finns från början i råvarorna och hur livsmedlet sedan hanteras och bearbetas. Hur väl förskämmande mikroorganismer tillväxer i livsmedel, och därmed orsakar förskämning, påverkas av:

1. inre faktorer – livsmedlets egenskaper, såsom struktur, pH, vattenhalt och näringsinnehåll
2. yttre faktorer – miljön som livsmedlet förvaras i, såsom förvaringstemperatur, relativ luftfuktighet och förpackningsatmosfär
3. implicita faktorer – interaktioner med övriga mikroorganismer som kan finnas i livsmedlet.

Man kan förebygga förskämning, och därmed förlänga ett livsmedels hållbarhet, genom att tillämpa följande principer:

1. undvika kontaminering av livsmedlet, genom hygienisk hantering och paketering
2. reducera antalet mikroorganismer i livsmedlet eller råvaran genom avdödning, med metoder som till exempel pastörisering, strålning eller högtrycksbehandling
3. skapa en miljö som inte stödjer tillväxt av mikroorganismer i livsmedlet, eller som kraftigt hämmar den, genom till exempel kylförvaring, nedfrysning, torkning, tillsats av salt eller socker, förpackning i vakuum eller modifierad atmosfär, syring, fermentering eller tillsats av konserveringsmedel.

Redan innan ett livsmedel är förskämt, kan det innehålla mikrobiologiska faror, som sjukdomsframkallande mikroorganismer och/eller deras toxiner. Det är livsmedelsproducenten som har ansvaret för att de livsmedel som släpps ut på marknaden är säkra, alltså att de inte är skadliga för hälsan, eller otjänliga som människoföda. Livsmedlen ska dessutom förbli säkra fram till tillagning och konsumtion. Därför ska producenten informera konsumenten om livsmedlets hållbarhet samt om hur det ska hanteras, förvaras och tillagas. Producenten behöver därmed ha kunskap om:

1. vilka mikrobiologiska faror som kan finnas i råvarorna och slutprodukten

2. hur livsmedlets egenskaper och förpackning påverkar möjligheten för tillväxt av mikroorganismer som är förskämmande, sjukdomsframkallande eller toxinbildande
3. produktens hållbarhetstid.

Utifrån denna kunskap ska producenten välja vilken datummärkning livsmedlet ska ha. Om det efter en kort period kan antas utgöra en omedelbar fara för människors hälsa, ska det märkas med **sista förbrukningsdag**. Annars ska livsmedlet märkas med ett **bäst före-datum**, det vill säga den dag fram till och med vilken livsmedlet vid rätt förvaring har kvar sina särskilda egenskaper och ingen försämring sker. Många livsmedelsgrupper som kan bli förskämda är dock undantagna från detta lagstiftningskrav, och behöver alltså ingen datummärkning.

Datummärkningen är till för att hjälpa konsumenterna att bedöma om ett livsmedel kan ätas eller inte, eftersom livsmedel som ser likadana ut samtidigt kan ha mycket olika egenskaper ur ett säkerhetsperspektiv. Till exempel kan liknande livsmedel stödja förökning av mikroorganismer i helt olika grad.

Den potentiella hälsoriskerna ökar med förvaringstiden i ett livsmedel som stödjer tillväxt av sjukdomsframkallande mikroorganismer och/eller toxinbildning under förväntade förvaringsbetingelser. Om det finns en reell risk eller inte beror bland annat på om de specifika betingelserna i livsmedlet och/eller interaktioner med andra mikroorganismer i livsmedlet hämmar eller till och med minskar antalet sjukdomsframkallande mikroorganismer eller toxinbildning med tiden. Detta kan bara producenten veta, och det ska styra vilken datummärkning som producenten väljer för livsmedlet.

Förutsatt att ett livsmedel med bäst före-datum är korrekt märkt och har förvarats på rätt sätt bör det vara säkert att äta även senare, så länge konsumenten bedömer att det är tjänligt, det vill säga inte förskämt.

# Summary

## Microbiological spoilage of food - waste and safety

Microbiological spoilage is the process by which microorganisms, such as bacteria, moulds or yeasts, change the appearance, texture, smell and taste of food so that it is no longer considered acceptable to eat. Spoilage can be noticed as discolouration, slime and colony formation, or the breakdown of the food's structure or gas formation in the food package. Frequently, only one or a few species of microorganisms can grow sufficiently in a specific food to cause spoilage. Moulds and yeasts can generally grow in more varied conditions than bacteria, but bacteria grow faster. Therefore, bacteria are often the dominant cause of spoilage under conditions that support bacterial growth, while moulds and yeasts spoil many types of food where bacteria cannot normally grow.

The occurrence of spoilage microorganisms in food products depends on which and how many microorganisms are initially present in the raw materials and how the food is then handled and processed. How well spoilage microorganisms grow in food, and thus cause spoilage, is affected by:

1. internal factors – the properties of the food, such as texture, pH, water and nutrient content
2. external factors – the environment in which the food is stored, such as storage temperature, relative humidity and packaging atmosphere
3. implicit factors – interactions with other microorganisms that may be present in the food.

To prevent spoilage, and thereby extend the shelf life of food, the following principles can be applied:

1. avoid contamination of the food, through hygienic handling and packaging
2. reduce the number of microorganisms in the food or raw material by inactivation, using methods such as pasteurisation, radiation or high-pressure treatment
3. create an environment that does not support the growth of microorganisms in the food, or that strongly inhibits it, such as cold storage, freezing, drying, the addition of salt or sugar, packaging in a vacuum or modified atmosphere, acidification, fermentation or the addition of preservatives.

Even before a food product is spoiled, it may contain microbiological hazards, such as disease-causing microorganisms and/or their toxins. The food producer has the responsibility to ensure that the food placed on the market is safe, i.e., that it is not harmful to health or unfit for human consumption. The food must also remain safe until preparation and consumption. Hence, the producer must inform the consumer about the durability of the food and how it should be handled, stored and prepared. The producer therefore needs to have knowledge about:

1. what microbiological hazards may exist in the raw materials and the final product
2. how the food's properties and packaging affect the possibility for the growth of microorganisms that are harmful, disease-causing or toxin-forming
3. the shelf life of the product.



Based on this knowledge, the producer must choose which date marking the food should have. If, after a short period, it can be assumed to pose an immediate danger to human health, it must be marked with a use-by date. Otherwise, the food must be labelled with a best-before date, that is, the date until which, when stored correctly, the food retains its special properties and no deterioration occurs. However, many food groups that can be spoiled are exempt from this legislative requirement, and thus do not need date marking.

Date marking assists consumers to determine whether a food can be eaten or not, since food products that are similar in appearance may have very different properties from a food safety perspective. For example, similar types of food can support the growth of microorganisms to completely different degrees.

In food that supports the growth of disease-causing microorganisms and/or toxin formation, the potential health risk increases with storage time under expected storage conditions. Whether there is a real risk depends, among other things, on whether the specific conditions in the food and/or interactions with other microorganisms in the food inhibit or even reduce the number of disease-causing microorganisms or toxin formation over time. Only the producer has this knowledge, and these factors should determine which date marking the producer chooses for the food product.

Provided that a food with a best-before date is labelled and stored correctly, it should be safe to eat even after this date, as long it is deemed fit for consumption by the consumer.

---

N.B. The title of the publication is translated from Swedish, however no full version of the publication has been produced in English.

# Bakgrund

Ett livsmedels hållbarhet begränsas av förskämning, som är den process som förändrar livsmedels egenskaper så att de inte längre anses vara acceptabla att äta. Vanligtvis orsakas förskämning av mikroorganismer, men även av insektsangrepp, uttorkning samt kemiska missfärgningar och reaktioner som härskning.

Förskämning av livsmedel orsakar stora ekonomiska förluster och har en negativ miljöpåverkan då förskämd mat måste kastas. För att minska matsvinnet råder Livsmedelsverket konsumenter att lita på sina sinnen genom att titta, lukta och smaka för att avgöra om ett livsmedel går att äta eller inte vid utgången bäst före-datum. Många konsumenter vågar dock inte lite på sina sinnen och är oroliga för att bli sjuka av mat vars bäst före-datum har passerats. Det bidrar till att sådan mat ofta kastas även om maten fortsättningsvis är ätbar.

Denna riskprofil har tagits fram på beställning av Livsmedelsverkets avdelning för Hållbara matvanor och kommer användas som samlat vetenskapligt underlag för en översyn av Livsmedelsverkets nuvarande råd och information om förskämning kopplat till svinn och säkerhet. Riskprofilen beskriver vad som kännetecknar olika slags mikrobiella förskämningar och vilka typer av förskämning som är karakteristiska för olika livsmedelsgrupper. I underlaget beskrivs också vad som händer med livsmedlen, vad som påverkar förskämningen och hur förskämning kan förebyggas. Vidare utreds om det finns någon koppling mellan hälsorisker och förskämning i olika livsmedelsgrupper. Underlaget är viktigt för Livsmedelsverkets fortsatta arbete med matsvinn, klimatanpassning, civil beredskap samt myndighetens stöd till livsmedelssektorn.

## Specifika frågor som ska besvaras

1. Vad gynnar förskämning och hur kan förskämning förebyggas?
2. Vilka är de vanligaste mikroorganismerna som ligger bakom förskämning av nedanstående livsmedelsgrupper? På vilket sätt påverkas livsmedlen?
  - Mjök och mjökprodukter
  - Kött och köttprodukter, inklusive fjäderfä
  - Ägg
  - Spannmålsprodukter (t.ex. mjöl, gryn, bröd, ris, pasta)
  - Frukter och grönsaker
  - Fisk och skaldjur och produkter därav
3. Mikrobiologiska hälsofaror kan förekomma i livsmedel som helt eller delvis genomgått förskämning, och det kan också vara skillnader i hälsorisker mellan livsmedel. För livsmedel som visar tecken på förskämning, sammanfatta:
  - Kortfattat om vilka de vanligaste farorna är
  - Faktorer som påverkar deras förekomst och skillnader i risk för olika livsmedel

- Hanteringsåtgärder som minskar risken, till exempel märkning, förpackning, hållbarhetstider, förvaringstemperatur, ”food safety management systems” (program för egen kontroll), HACCP. Beakta även konsumentperspektivet
4. Förutsatt att maten förvarats rätt, vilken risk utsätter man sig för när man genom att titta, lukta och smaka ska bedöma om ett livsmedel är acceptabelt att äta eller om det är förstört genom förskämning?

# Metod

## Litteratursökning

Flera litteratursökningar gjordes i databaserna FSTA och PubMed (tabell 1). Fokus lades på att hitta översiktsartiklar om förskämning av livsmedel i allmänhet och de relevanta livsmedelsgrupperna i synnerhet. I dessa sökningar hittades relevant litteratur för alla livsmedelsgrupper, utom för ägg. Riktade sökningar gjordes därför för att hitta publikationer om ägg. Söksträngar utformades också för att hitta publikationer om mikrobiologisk kvalitet i relation till bäst före-datum och sista förbrukningsdag. Utöver systematiska litteratursökningar användes artiklar och bokkapitel som påträffades i referenslistor eller genom explorativa sökningar i Google och Google Scholar, samt tidigare publicerade vetenskapliga underlag från Livsmedelsverket, Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (Efsa) och andra myndigheter.

**Tabell 1.** Litteratursökningar som gjordes för att hitta information om förskämning av livsmedel.

Databas	Datum	Information söktes om	Söksträng	Sökträffar	Urval
FSTA	2022-02-17	Översiktsartiklar om förskämning	(spoilage OR "microbial quality" OR "shelf-life") AND (food* OR meat OR poultry OR egg* OR dairy OR milk OR fish or shellfish OR fruit OR vegetable* OR cereal OR bread) AND (microb* OR microorganism* OR bacteri* OR yeast* OR mould* OR fung*) Sökning i titel, reviews, English, all section codes	64	29
PubMed	2022-02-17	Översiktsartiklar om förskämning	(spoilage[Title] OR "microbial quality"[Title] OR "shelf-life"[Title]) AND (food*[Title] OR meat[Title] OR poultry[Title] OR egg[Title] OR dairy[Title] OR milk[Title] OR fish[Title] OR shellfish[Title] OR fruit[Title] OR vegetable*[Title] OR cereal[Title] OR bread[Title]) AND (microb*[Title] OR microorganism*[Title] OR bacteri*[Title] OR yeast*[Title] OR mould*[Title] OR fung*[Title]) Sökning titel, reviews, English	51	20
FSTA	2022-02-17	Vetenskapliga artiklar om förskämning av ägg	spoilage AND egg* AND (microb* OR microorganism* OR bacteri* OR yeast* OR mould* OR fung*) Sökning i Journal articles, English, all section codes	12	3
PubMed	2022-02-17	Vetenskapliga artiklar om förskämning av ägg	spoilage[Title/Abstract] AND egg*[Title/Abstract] AND (microb*[Title/Abstract] OR microorganism*[Title/Abstract] OR bacteri*[Title/Abstract] OR yeast*[Title/Abstract] OR mould*[Title/Abstract] OR fung*[Title/Abstract])	51	0
FSTA	2022-03-24	Mikrobiologisk kvalitet i relation till utgångsdatum	("microbial quality" or "microbiological quality") and ("expiration date" or "expiry date" or "use by date" or "sell by date" or "best before date") Sökning i alla fält, inga avgränsningar	83	4

## Disposition

Rapportens första del (Introduktion till förskämning och Livsmedelsgrupper) handlar om vad som kännetecknar olika slags mikrobiella förskämningar och vilka typer av förskämning som är karakteristiska för olika livsmedelsgrupper. Avsnitten beskriver vilka som är de viktigaste förskämningsorganismerna, vad som händer med livsmedlen, vad som påverkar förskämningen och hur förskämning kan förebyggas. I denna del behandlas endast kvalitetsaspekter av förskämning.

I rapportens andra del (Mikrobiologiska faror och Hanteringsåtgärder för säkra livsmedel) utreds om det finns någon koppling mellan hälsorisker och förskämning i olika livsmedelsgrupper. Avsnitten beskriver sjukdomsframkallande och toxinbildande mikroorganismer som kan vara relevanta, samt hanteringsåtgärder och viktiga faktorer för produktion av säkra livsmedel.

I rapportens avslutande avsnitt (Svar på frågor) besvaras de specifika frågor som presenteras i bakgrunden.

## Avgränsningar

Förskämning som inte har orsakats av mikroorganismer utan är en följd av till exempel insektsangrepp, uttorkning och rent kemiska reaktioner tas upp kortfattat, när det är relevant.

Förskämning av frukt och grönsaker orsakad av mögelsvampar har rapporterats tidigare av Livsmedelsverket (Svanström, 2022) och tas upp kortfattat i detta underlag.

# Introduktion till förskämning

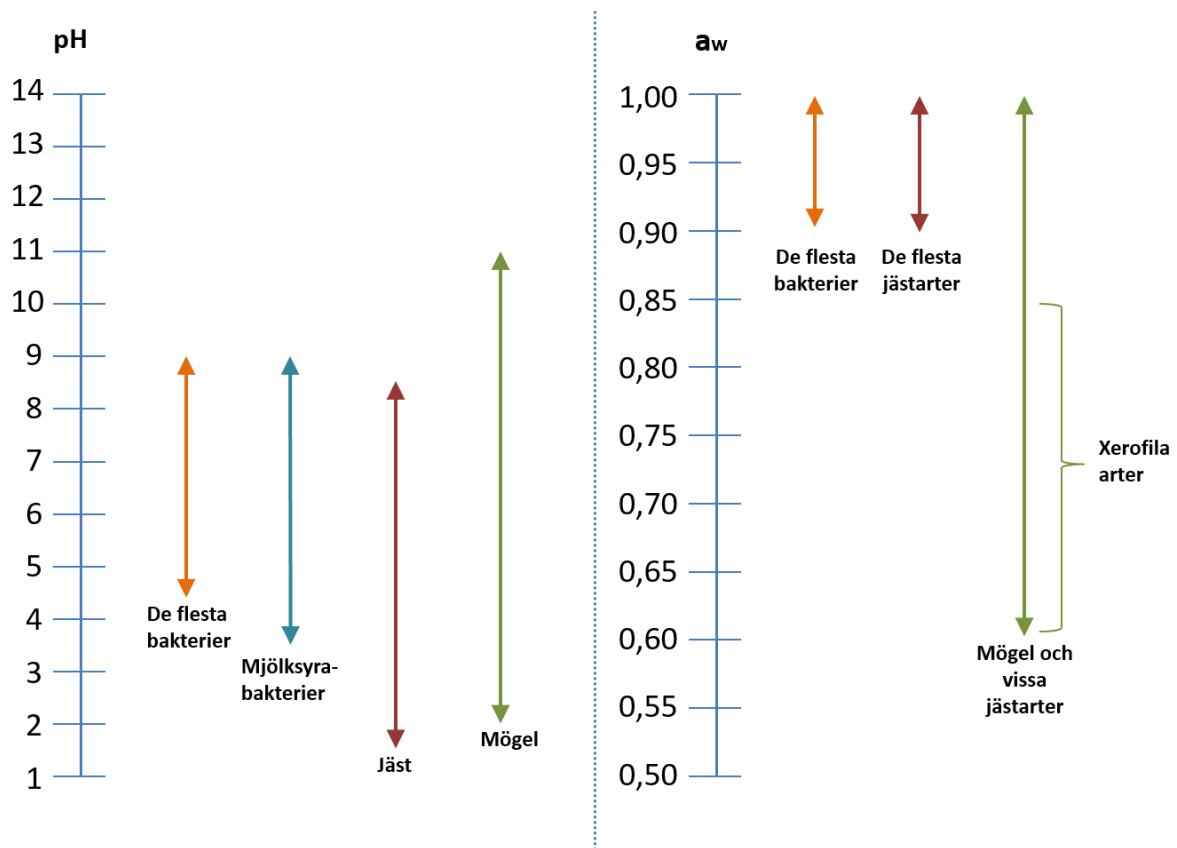
Förskämning är den process som bryter ner livsmedel tills att dess egenskaper blir så pass förändrade att de inte längre anses vara acceptabla att äta. Förskämningen medför att livsmedlet får oönskade sensoriska egenskaper med påverkan på utseende, konsistens, lukt och smak. Synliga tecken på förskämning kan vara missfärgning, slembildning, kolonibildning, nedbrytning av struktur och gasbildning i förpackningen. Illaluktande ämnen bildas och livsmedlets smak förändras genom att det får bismak eller surnar. Bedömningen av sådana sensoriska egenskaper och därmed huruvida ett livsmedel är förskämt är dock subjektiv och kan variera mellan olika konsumenter. Även kulturella och ekonomiska avvägningar kan påverka bedömningen (Sofos et al., 2013).

Förskämning orsakas vanligtvis av mikroorganismer som bakterier, mögelsvampar och jästsvampar. De finns antingen naturligt i livsmedlet eller har tillkommit genom förorening under hanteringen. Exempel på vanliga kontamineringskällor är jord, bevattningsvatten, avföring från djur och människor som hanterar livsmedlen (Sperber, 2009). Obearbetade livsmedel har ofta en struktur som gör att mikrobiologisk kontamination begränsas till ytan, vilket i viss mån skyddar mot förskämning. Vid bearbetning, såsom malning av spannmål eller styckning av kött, sönderdelas råvaror, vilket sprider kontaminationen till en större del av livsmedlet och möjliggör ökad mikrobiell tillväxt (Sperber, 2009). Livsmedelsburna virus och parasiter växer inte i livsmedel och orsakar således inte förskämning.

Hur lång tid det tar för ett livsmedel att bli skämt beror på vilka och hur många mikroorganismer som finns från början i råvarorna eller som tillkommer vid tillverkningsprocessen, livsmedlets egenskaper (inre faktorer) samt den miljö som livsmedlet förvaras i (yttre faktorer) (Efsa, 2020). De två viktigaste inre faktorerna för mikrobiell tillväxt är livsmedlets vattenhalt och livsmedlets pH (figur 1). Förvaringstemperaturen är den enskilt viktigaste yttre faktorn för mikroorganismers tillväxt, och därmed ett livsmedels hållbarhet, men även andra faktorer som relativ luftfuktighet och förpackningsatmosfär (halten koldioxid respektive syrgas) har betydelse. Tillväxtpotentialen hos förskämmande mikroorganismer påverkas också av interaktioner med mikrobiotan, det vill säga andra förekommande mikroorganismer i livsmedlet (implicita faktorer) (Efsa, 2020). Olika inre och yttre faktorer samverkar så att mikrobiell tillväxt hämmas i större utsträckning om flera faktorer i livsmedlet är inom ett icke-optimalt spann, den så kallade hurdle-effekten (Leistner, 2000). Detta innebär till exempel att en mikroorganism som har förmågan att tillväxa ned till en viss, minimal, vattenaktivitet endast kan göra det om temperatur och pH samtidigt är optimala för organismens behov.

Förmågan att framkalla förskämning varierar mycket mellan olika mikroorganismer beroende på hur snabbt de förökar sig och vilka energikällor i livsmedlet som de utnyttjar, och därmed de kemiska nedbrytningsprodukter som då bildas (Sperber, 2009). Nedbrytning av sockerarter, komplexa kolhydrater, proteiner och fetter medför olika typer av oönskade sensoriska egenskaper hos livsmedlet. Sådana tecken på förskämning observeras generellt inte förrän förskämningsorganismerna tillväxt till halter i storleksordningen större än  $10^7$  organismer (bakterier och jäst) per gram livsmedel (Sperber, 2009). För mögel går det inte att ange en gräns vid vilken förskämningen blir märkbar eftersom en enda spor kan växa ut till ett flercelligt mycel. Ofta kan bara en eller några få arter av mikroorganismer tillväxa tillräckligt i ett specifikt livsmedel för att orsaka förskämning, den så kallade förskämningmikrobiotan hos livsmedlet (Efsa, 2020, Sperber, 2009). Mögel och jäst, som är eukaryota organismer, tillväxer långsammare än bakterier. I livsmedel och miljöer med förhållanden

som stödjer bakteriell tillväxt blir därför bakterier ofta den dominerande förskämmningsmikrobiotan (Pitt and Hocking, 2009c). Mögel och jäst kan dock generellt tillväxa under mer varierande förhållanden (figur 1) och förskämmer därför många typer av livsmedel i vilka bakterier vanligtvis inte kan tillväxa.



**Figur 1.** Generella pH- respektive vattenaktivitetsintervall ( $a_w$ ) som tillåter förökning av olika typer av förskämande mikroorganismer (modifierade efter Rosengren, 2017, Pitt and Hocking, 2009a, Sperber, 2009).

## Bakterier

Bakterier kan, grovt sett, grupperas efter vid vilket temperaturintervall de optimalt tillväxer. Mesofiler tillväxer optimalt vid temperaturer mellan 20 och 45 °C, medan termofiler tillväxer optimalt vid högre temperaturer, mellan 45 och 70 °C (Sperber, 2009). Psykrotrofa bakterier är köldtåliga, vilket innebär att de kan tillväxa ned till 0 °C men har ett tillväxtoptimum om 25–30 °C (Adams and Moss, 2016). På grund av förmågan att tillväxa i kyla respektive värme räknas psykrotrofa och termofila bakterier som viktiga förskämmare. Bakteriesläkten som omfattar både psykrotrofa och termofila arter, exempelvis *Bacillus* spp., är därför extra problematiska (Sperber, 2009).

Vissa förskämningsbakterier, såsom *Bacillus* och *Clostridium*, kan bilda endosporer, som är mycket värmetåliga och kan överleva i ogynnsamma miljöer. Det gör att sådana bakterier ofta blir den dominerande floran vid bristfälligt steriliserade livsmedel, liksom i pastöriserade livsmedel där alla vegetativa celler har avdödats (Sperber, 2009).

Tillgången på syre påverkar också tillväxten hos bakterier och förmågan att tillväxa med eller utan närvaro av syre skiljer sig mellan olika bakterier. Exempelvis är arter inom *Clostridium* strikt anaeroba och tillväxer således bara utan syre, medan arter tillhörande *Bacillus* är aeroba eller fakultativt

anaeroba, det vill säga kan tillväxa i både syrerika och syrefattiga miljöer (Sperber, 2009). Eftersom syrgas är mer lösligt i vatten när temperaturen sjunker, ökar syrehalten i livsmedel (ej vakuumpförpackade) vid kylförvaring vilket gynnar aeroba psykrotrofa bakterier (Sperber 2009).

pH-värdet och vattenaktiviteten har också stor betydelse för bakteriers förmåga att föröka sig. De flesta förskämmande bakterierna kan tillväxa vid pH 4,5–9 (Sperber, 2009; figur 1). Bakterier trivs dock generellt bäst vid neutrala pH-värden och tillväxthastigheten minskar gradvis när pH sjunker. Mjölksyrabakterier, som bildar mjölksyra och andra typer av syra då de förökar sig, tillväxer optimalt vid pH 5–6 (Adams and Moss, 2016) men kan tillväxa, och därmed konkurrera med mögel, ned till pH 3,5 (Sperber, 2009). Den lägsta vattenaktiviteten som tolereras för tillväxt av förskämmande bakterier är 0,95 för de flesta gram-negativa bakterier och ner till 0,90 för de flesta gram-positiva bakterier. Bakterier förökar sig därför snabbast i färska livsmedel, som har en hög vattenaktivitet, cirka 0,95–0,99 (Adams and Moss, 2016).

## Mögel

Många filamentösa svampar (mögel) sprids med luftburna sporer och dessa förekommer allmänt i såväl inomhus- som utomhusluft. Mögel kontaminerar därför de flesta typer av livsmedel. Eftersom mögel kan tillväxa i mycket varierande miljöer innebär det att de orsakar en stor del av all förskämning, i alla delar av livsmedelskedjan (Pitt and Hocking, 2009c, Sperber, 2009). Artrikedomen bland mögel som förskämmer livsmedel är stor. De flesta tillhör divisionen Ascomycota (sporsäckssvampar), och vanligt förekommande släkten är t.ex. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* och *Botrytis*. En annan grupp svampar som också orsakar förskämning är *Mucoromycota* (tidigare *Zygomycota*), med släkten som *Mucor* och *Rhizopus* (Pitt and Hocking, 2009a).

Ett livsmedels vattenaktivitet är ofta det som avgör om det möglar eller inte (Pitt and Hocking, 2009a). En vattenaktivitet under 0,95 gör att bakteriell tillväxt avtar och mögel ökar i förekomst. Under 0,9 utgör ascomyceter majoriteten av organismer med förmåga att föröka sig. Många mögel är så kallat xerophila, det vill säga de kan tillväxa och producera sporer under vattenaktivitet 0,85. Enstaka arter kan föröka sig ned till vattenaktivitet 0,65.

Optimalt pH ligger för de flesta mögelarter kring 5 men de flesta kan tillväxa och föröka sig vid mycket varierande pH, generellt ca 3–11 och vissa arter ned till pH 2. Om andra faktorer begränsar tillväxten, till exempel vattenaktiviteten, blir intervallet för tolerabelt pH dock snävare (Pitt and Hocking, 2009a, Sperber, 2009).

Livsmedel som förvaras i rumstemperatur och har tillräckligt hög vattenhalt (se figur 1) kommer att förskämmas snabbt av mögel. Det finns även många arter som är väl anpassade för tillväxt i lägre temperaturer, vissa ända ned till -7 °C, dock tar utvecklingen då längre tid (Pitt and Hocking, 2009a). Mögelsläkten som ofta förskämmer kylförvarade livsmedel inkluderar *Penicillium*, *Fusarium* och *Cladosporium*.

Vegetativa mögelceller liksom de luftburna sporerna är känsliga för värme vilket gör att de snabbt inaktiveras vid tillagning och processer som t.ex. pastörisering. Vissa typer av mögel producerar även en annan typ av sporer, ascosporer, och dessa är betydligt mer motståndskraftiga. Ascosporer från släkten som *Byssoschlamys* och *Neosartorya* överlever både höga temperaturer och högtrycksbehandling och kan förskämma exempelvis värmebehandlade frukt- och bärprodukter.



Övriga faktorer som påverkar tillväxten av förskämningsmögel är till exempel:

- Tillgång på syre; generellt är mögel strikta aerobier men klarar syrerestriktion väl vilket innebär att de ibland kan tillväxa i miljöer där endast restsyre finns.
- Gassammansättning; de flesta förskämningsmöglarna är känsliga för höga halter koldioxid.
- Näringstillgång; mögel kan växa i alla typer av livsmedel men generellt är metabolismen mest väl anpassad för livsmedel med högt innehåll av kolhydrater.
- Konserveringsmedel; svaga organiska syror som sorbinsyra och bensoesyra är effektiva mot mögel men vissa arter är motståndskraftiga mot dessa ämnen.

## Jäst

Jäst är encelliga mikrosvampar som växer och förökar sig genom avknoppning eller mer sällan genom delning. Arter som klassificeras som jäst är en heterogen grupp av inte alltid nära besläktade svampar, de återfinns i divisionerna Ascomycota och Basidiomycota. Relativt få arter (jämfört med bakterier och mögel) bidrar i betydande grad till förskämning av livsmedel (Pitt and Hocking, 2009a). Exempel på viktiga förskämningssläkten är *Candida*, *Pichia*, *Saccharomyces* och *Zygosaccharomyces*.

Många typer av jäst är motståndskraftiga mot uttorkning och UV-strålning och förekommer naturligt på ytan av blad, frukter och bär. Det gör att de ofta introduceras i livsmedelskedjan via råvaror. Andra kontaminationsvägar är till exempel jord, vatten och produktionsmiljöer, samt utrustning där jäst kan etableras (Hernández et al., 2018).

Jäst ställer liknande krav på tillväxtfaktorer som mögel och har svårt att konkurrera med bakterier i livsmedel med hög vattenaktivitet och pH nära neutralt (Pitt and Hocking, 2009a). I surare miljöer ökar jästarters förmåga att konkurrera och vissa kan tillväxa ned till pH 1,5. Till skillnad mot mögel kan många typer av jäst föröka sig under anaeroba förhållanden vilket gör att de kan tillväxa i vätskor. Det encelliga växtsättet bidrar dessutom till att jäst sprids snabbt i flytande livsmedel medan de har svårare att konkurrera med mögel på fasta livsmedel. Jämfört med mögel ställer jäst högre krav på näringsinnehåll och de förekommer främst i livsmedel med högt innehåll av enkla sockerarter, vitaminer och mineraler. Sammantaget kan livsmedel som förskäms av jäst generellt sägas ofta vara i flytande form och ha högt innehåll av syra och/eller socker (Pitt and Hocking, 2009d).

## Så kan förskämning förebyggas

Kvalitetsförsämringar av livsmedel och livsmedelsråvaror kan ske i alla steg i livsmedelskedjan och påverkas av faktorer som inkluderar livsmedelstyp, tillverkningsprocess, förpacknings- och förvaringsförhållanden (Gould, 2000). Det finns omfattande kunskap om vilka förhållanden som gynnar mikrobiell tillväxt och därmed förskämning. Utifrån denna kunskap har olika konserverings- och förädlingsmetoder utarbetats med syfte att förebygga förskämning och öka hållbarheten på livsmedel och livsmedelsråvaror. Dessa metoder är tillämpbara i alla livsmedelskedjans led från livsmedelsindustrin till det egna köket hos enskilda konsumenter.

I korthet kan tre principer tillämpas för att uppnå förlängd hållbarhet hos livsmedel; 1) att undvika kontaminering av livsmedel genom hygienisk hantering och paketering av livsmedel, 2) att tillämpa metoder som kraftigt reducerar antalet mikroorganismer i livsmedlet eller livsmedelsråvaran genom avdödning samt 3) att tillämpa metoder som medför att det skapas en miljö som inte stödjer eller som kraftigt hämmar tillväxt av mikroorganismer i livsmedlet (Gould, 2000). Exempel på hållbarhetsförlängande metoder beskrivs i tabell 2. Vilka metoder som tillämpas kan variera med

avseende på typ av livsmedelsråvara, vilken produkt som tillverkas och vilka övriga egenskaper som är önskvärda för produkten. Det är inte ovanligt att flera hållbarhetsbevarande metoder används i kombination, där ingen av de enskilda metoderna har tillräcklig effekt, men där de tillsammans kan uppnå tillväxthämning genom den så kallade hurdle-effekten (Gould, 2000, Leistner, 2000). Konsumenters efterfrågan på exempelvis minimalt bearbetade livsmedel eller produkter med mindre tillsatser och lägre salthalt kan antas innebära en ökad utmaning för livsmedelsindustrin, som behöver säkerställa att denna typ av livsmedel också är säkra och hållbara.

Konsumenter kan förhindra förskämning av mat i det egna köket i huvudsak genom att förvara den på rätt sätt. Lämpliga förvaringsförhållanden för olika livsmedelsgrupper har sammanställts av Livsmedelsverket (Modin and Lindblad, 2011). För många frukter och grönsaker är kylskåpsförvaring lämpligt. Vissa vegetabilier, till exempel tomat och banan, kan få köldskador av att förvaras vid kylskåpstemperatur och bör således istället förvaras svalt. Vattenavgång och påverkan av etengas (signalsubstans som produceras av många frukter och grönsaker) är andra faktorer som påskyndar kvalitetsförsämringar hos vegetabilier. Detta kan ofta förhindras av att vegetabilien förvaras förpackad. Ett exempel på detta är gurka, som håller längre med plast på. Animaliska livsmedel såsom kött, fisk och mejeriprodukter bör förvaras i kylskåp, gärna på den kallaste platsen. Ägg som förvaras i kylskåp behåller sin kvalitet betydligt längre jämfört med om de förvaras i rumstemperatur. Torrvaror bör förvaras torrt, mörkt och gärna svalt. Oljor och nötter bör förvaras mörkt, svalt och med liten syretillgång för att minska risken för härskning. Mjukt bröd bör förvaras i rumstemperatur eller frysas in om det ska förvaras länge.

**Tabell 2.** Exempel på olika hållbarhetsförlängande metoder för livsmedel, som kan tillämpas enskilt eller i kombination.

Princip	Metod	Exempel/kommentar
<i>Avdödning av mikroorganismer i livsmedel</i>		
Upphettning	Pastörisering	Kan ske genom olika tid/temperaturförhållanden och ha syftet att vara tillräcklig för att avdöda utvalda patogena mikroorganismer eller för att avdöda bakgrundsmikrobiota för att förlänga hållbarheten.
Högt tryck	Högtrycksbehandling (HPP)	Mikroorganismer i livsmedlet avdödas genom att trycket höjs.
Strålning	Joniserande strålbehandling	Är i Sverige endast tillåten för kryddor.
<i>Tillväxthämning av mikroorganismer i livsmedel</i>		
Sänkning av temperatur	Kylförvaring	Kemiska och enzymatiska processer hos mikroorganismer saktar av med sjunkande temperatur, vilket sänker tillväxthastigheten.
	Frysning	Vid rekommenderad frysförvaringstemperatur (-18 °C) sker ingen mikrobiell tillväxt.
Sänkning av vattenaktivitet	Torkning	Vattnet i livsmedlet dunstas bort. Kan ske vid olika temperaturer.

Princip	Metod	Exempel/kommentar
	Tillsats av salt och/eller socker	Salt och socker binder vatten i livsmedlet och minskar tillgängligheten för mikroorganismer. Enskilt eller i kombination (t.ex vid gravning).
Sänkning av pH	Tillsats av surgörande medel	T.ex. citronsyra eller ättiksyra
	Fermentering	Utnyttjande av naturligt förekommande bakteriers (eller bakterier från en startkulturs) förmåga att i frånvaro av syre omvandla kolhydrater i livsmedlet till mjölksyra.
Ändring i atmosfär	Vakuumpförpackning	Förpackning i luftfri miljö
	Hermetisk inkokning	Syret kokas bort
	Förpackning i modifierad atmosfär	Luft ersätts med en alternativ blandning av koldioxid, kvävgas och syrgas.
Tillsats av konserveringsmedel	Oorganiska ämnen	T.ex. nitrit eller sulfit.
	Organiska syror	T.ex. sorbinsyra, bensoesyra, citronsyra, ättiksyra eller mjölksyra.
	Antibakteriella ämnen	T.ex. nisin eller natamycin

# Livsmedelsgrupper

## Mjök och mjökprodukter

### De vanligaste förskämningensorganismerna

Förutom näringsämnen innehåller obehandlad mjök en heterogen och komplex blandning av mikroorganismer. Dessa når mjöken från antingen spenkanalen, juvrets utsida eller den yttre miljön i samband med mjöknings (Fusco et al., 2020). Det finns även visst stöd för att bakterier från kons tarmmikrobiota kan föras över till mjöken via den så kallade "entero-mammary pathway" (Addis et al., 2016). Möjliga direkta och indirekta föroreningskällor för bakterier, jäst- och mögelsvampar är faeces, foder, vatten, jord, gräs, luft (mögelsporer), mjökningsutrustning och mjöktankar (Fusco et al., 2020, Odeyemi et al., 2020). Många mikroorganismer tillväxer bra i mjök eftersom den är näringsrik, har hög vattenaktivitet och ett närpå neutralt pH; 6,7–6,9 (Odeyemi et al., 2020).

### Obehandlad mjök

Obehandlad mjök innehåller olika typer av mjöksyrabakterier såsom *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* och *Leuconostoc* (Fusco et al., 2020). Även andra typer av gram-positiva släkten av bakterier, såsom *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Propionibacterium*, *Microbacterium*, *Micrococcus* och *Staphylococcus*, kan finnas i och förskämma rumsvarm opastöriserad mjök (Fusco et al., 2020, Odeyemi et al., 2020).

De gram-negativa förskämningensbakterier som förknippas med opastöriserad mjök är framförallt *Pseudomonas* och *Acinetobacter*, men även *Ralstonia*, *Sphingomonas*, *Stenotrophomonas*, *Psychrobacter*, *Faecalibacterium*, *Chryseobacterium*, *Bacteroides*, *Porphyromonas*, *Comamonas*, *Fusobacterium*, *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Hafnia* och *Klebsiella* rapporteras förekomma (Fusco et al., 2020). Till skillnad mot mjöksyrabakterier är vissa av dessa grupper av bakterier psykotrofa. Förmågan att tillväxa vid kylskåpstemperatur gör att sådana bakterier dominerar den bakteriella förskämningensmikrobiota i mjök (Fusco et al., 2020, Odeyemi et al., 2020). Vissa arter av *Pseudomonas*, liksom andra gram-negativa bakterier samt gram-positiva sporbildande bakterier, kan dessutom producera lipaser och proteaser, vilka bidrar till försämrad kvalitet hos både obehandlad och pastöriserad mjök (Fusco et al., 2020).

### Pastöriserad mjök

Vid pastörisering av mjök sker en upphettning som dödar de flesta bakterier. Vissa typer av bakterier kan bilda endosporer som överlever pastöriseringssteget (Fusco et al., 2020). Sådana bakterier kan således förekomma i pastöriserad mjök, men tillväxer långsamt eller inte alls vid kyltemperatur. *Bacillus cereus*, som är en vanlig sporbildande bakterie i pastöriserad mjök, kan till exempel inte tillväxa om temperaturen är 6 °C eller lägre (Montebello et al., 2018).

Den pastöriserade mjöken kan också återkontamineras i senare led med *Pseudomonas* spp., *Bacillus cereus* och andra *Bacillus* spp, liksom andra psykotrofa bakterier i produktionsmiljön, till exempel under förpackningsprocessen. Vad gäller *Bacillus* kan sporer av vissa stammar fästa hårt till mejeriutrustningens ytor och på så sätt återsmitta mjöken efter pastöriseringssteget. Enligt Martin et al. (2018) finns i huvudsak fyra olika grupper av bakterier som kan orsaka förskämning av mjök efter

pastöriseringssteget: *Pseudomonas*, koliformer, psykrotrofa gram-negativa bakterier utöver *Pseudomonas* och koliformer, samt gram-positiva sporbildande bakterier.

### Mjolkprodukter

Även om fermentering skapar en ofördelaktig miljö för mikrobiell tillväxt så har det rapporterats olika typer av gram-positiva och gram-negativa bakterier i fermenterade mjolkprodukter. Exempelvis har bakterier tillhörande *Pseudomonas* visats bilda volatila föreningar (tecken på förskämning) i ostar vid 12 °C efter tio dagars mognadsfas (Morales et al., 2005). I ost förekommer också *Clostridium* spp., framför allt *C. beijerinckii*, *C. butyricum*, *C. sporogenes* och *C. tyrobutyricum*, vilka är strikt anaeroba och inte begränsas av ostens låga pH (André et al., 2017, Odeyemi et al., 2020). Dessa arter överlever pastörisering av mjölken genom att bilda sporer, och kan därefter tillväxa under tillverkning och orsaka försämrad kvalitet på osten. Det sker vanligen när antalet sporer är större än 400 per liter mjölk, men även 200 sporer per liter har rapporterats orsaka sådan förskämning (André et al., 2017).

*Bacillus cereus*, som är en vanlig förskämningsorganism i pastöriserad mjölk tillväxer inte i yoghurt, då pH-värdet är för lågt, mellan 3,9 och 4,1, eller i tallegioost (halvmjuk kittost) med pH mellan 5,8 och 6,8 och konkurrens av befintliga mjölksyrabakterier (Tirloni et al., 2017). Däremot i mascarponeost (färskost) gjord på pastöriserad mjölk med pH 5,9 och 6,3, men utan naturligt förekommande mikroorganismer, kan *Bacillus cereus* tillväxa snabbt till halter om  $10^7$  kolonibildande enheter (cfu) per gram (Tirloni et al., 2017).

Förutom bakterier kan även jäst- och mögelsvampar förskämma mjolkprodukter, varav de viktigaste släktena är *Candida*, *Galactomyces* och *Yarrowia* respektive *Penicillium*, *Mucor* och *Cladosporium* (Odeyemi et al., 2020). Mögelbildning är den vanligaste typen av förskämning av ost. Släkten som kan förekomma är till exempel *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* och *Wallemia* (Finne Kure and Skaar, 2019). Det vanligast förekommande släktet i hård och semihård ost är dock *Penicillium* där flera arter, såsom *P. commune* och *P. nalgiovense*, är väl anpassade för tillväxt i låga temperaturer liksom i den proteinrika ostmatrisen. En viktig källa till förorening med mögelsporer är luften i produktionsmiljöer. Om inte åtgärder vidtas kan sådan luft innehålla höga halter sporer, vilket ger problem under lagring av ost (Finne Kure and Skaar, 2019). Yoghurt, crème fraîche och liknande produkter med hög vattenaktivitet kan också mögla. Liksom i andra typer av produkter är *Penicillium*, *Mucor* och *Cladosporium* de vanligaste släktena (Shi and Knøchel, 2021), men även till exempel *Geotrichum candidum* kan förekomma (Pitt and Hocking, 2009b). För sådana mjolkprodukter med jämförelsevis lågt pH är annars jästsvamp den viktigaste förskämningsorganismen, exempelvis arter från släktena *Candida*, *Pichia* och *Yarrowia* (Odeyemi et al., 2020, Pitt and Hocking, 2009b). Även i mjuka typer av ost är förskämning orsakad av jäst vanligt (Garnier et al., 2017).

## Så påverkas livsmedlet

### Mjök

Mjök innehåller ca  $10^3$ – $10^4$  cfu bakterier per ml när den lämnar mejeriet (Addis et al., 2016). Mjölkens smak börjar påverkas när antalet bakterier nått upp till cirka  $10^6$  cfu per ml, och börjar lukta och smaka illa vid  $10^7$  cfu per ml (Molin, 1989).

Mjök som får stå i rumstemperatur kan klumpa sig och få en syrlig smak på grund av tillväxt av mjölksyrabakterier i mjölken och de nedbrytningsprodukter i form av mjölksyra och andra syror som bildas då (Fusco et al., 2020, Sperber, 2009). Tillväxt av sådana syrningskulturer kan vara

ovälkommet, samtidigt som mjölksyrafermentering, med sänkning av pH som följd, har använts i årtusenden för att förbättra hållbarhetstiden och bidra till den karakteristiska smaken och konsistensen hos mjölkprodukter som filmjolk och yoghurt.

Förutom syraoagulering kan koagulering också ske utan sur miljö, genom proteolys av mjölkproteiner. Sådan så kallad ”söt-koagulering” orsakas av stammar av *Pseudomonas* samt vissa gram-positiva, sporbildande bakterier, främst *Bacillus cereus* (Fusco et al., 2020, Odeyemi et al., 2020). *Bacillus cereus* som fått tillväxa i mjölk kan också göra så att mjölken skär sig (”bitty cream”), vilket orsakas av att det bakteriella enzymet lecitinas bryter ned membranet till fettkulorna i mjölken så att fett klumpar ihop sig (Odeyemi et al., 2020). *Pseudomonas* spp., liksom andra gram-negativa bakterier samt gram-positiva sporbildande bakterier, kan således producera lipaser och proteaser som kan påverka lukt, smak och konsistens på olika sätt (Fusco et al., 2020). Proteolytiska enzymer ökar viskositeten hos mjölk och orsakar en bitter smak, medan lipaser orsakar fetthydrolys, det vill säga gör att fett i mjölken härsknar (Odeyemi et al., 2020). Det gäller inte minst vid tillväxt i mjölkprodukter med lång hållbarhet såsom UHT-behandlad (ultrahög temperaturbehandlad) mjölk och mjölkpulver (Odeyemi et al., 2020). Exempelvis har *Pseudomonas fragi* i pastöriserad och UHT-mjölk rapporterats orsaka dålig lukt på grund av bildning av lättflyktiga föreningar som kortkedjiga etylestrar, ketoner, alkoholer och svavelföreningar (Stanborough et al., 2018).

### **Mjölkprodukter**

Vissa arter av *Pseudomonas* såsom *P. brenneri*, *P. fluorescens* och *P. lundensis* kan förskämma ost genom att bilda olika lättflyktiga föreningar, vilka kan ge dålig lukt (Odeyemi et al., 2020). Dessutom kan vissa typer av clostridiebakterier överleva och tillväxa inuti hårdost, såsom emmentaler, manchego, gouda, beaufort och comté, och orsaka förskämning av den mognande produkten genom så kallad smörsyrajäsnings (André et al., 2017, Odeyemi et al., 2020). Bakterierna bryter ned mjölksyra till ättiksyra och smörsyra, vilket gör att osten får en härsken smak. Vid jäsningsen bildas också koldioxid och vätgas, som gör att osten kan svälla upp kraftigt (André et al., 2017, Odeyemi et al., 2020).

Ost som möglar får synliga angrepp, ofta med synligt (luddigt) mycel och med tiden färgade sporer, ofta blå-gröna eller svarta. Ost förorenas främst av *Penicillium*, som förutom ytangrepp också kan omvandla konserveringsmedlen sorbinsyra och kaliumsorbat till trans-1,3-pentadien. Den senare medför en fotogenliknande lukt (Odeyemi et al., 2020).

Yoghurt, crème fraîche och liknande produkter som möglar kan precis som ost få synliga kolonier som med tiden blir färgade. Vid angrepp av *Geotrichum candidum* bildas en vit, ”rynlig” beläggning när möglet växer ut på ytan (Pitt and Hocking, 2009b). Tillväxt av jäst i vissa syrade produkter som yoghurt och crème fraîche kan förutom oaptitlig smak även ge synliga släta kolonier på ytan av produkten och orsaka gasbildning som gör att förpackningen sväller. Förskämningen blir synlig när antalet jästceller är i storleksordningen  $10^5$ – $10^6$  celler per gram produkt (Odeyemi et al., 2020).

## **Kött och köttprodukter, inklusive fågelkött**

### **De vanligaste förskämningsorganismerna**

Hos friska, levande djur är musklerna sterila och mikrobiell förorening sker först vid slakt och vidare hantering och bearbetning av köttet. Mikrobiell förorening kan ske från dels djuret själv, via hud, hår/fjädrar, inälvor och fekalt material, och dels den omgivande miljön, via verktyg, luft, vatten och

mänsklig kontakt (Shao et al., 2021, Odeyemi et al., 2020, Sofos et al., 2013). Det finns många arter av bakterier, mögelsvampar och jäst som kan förekomma på färskt rått kött (Dave and Ghaly, 2011, Doulgeraki et al., 2012, Sofos et al., 2013). Mängden och sammansättningen av mikroorganismer på färskt kött beror på faktorer såsom djurets hälsotillstånd vid tidpunkten för slakt samt under vilka förhållanden slakten och efterföljande processer utförs (Casaburi et al., 2015, Doulgeraki et al., 2012, Sofos et al., 2013). Ytterligare en faktor är mikroorganismernas förmåga att fästa på köttytan (Erkmen and Bozoglu, 2016a). I färskt rått kött rapporteras en förekomst av bakterier i storleksordningen från  $10^2$ - $10^4$  cfu per  $\text{cm}^2$  eller gram (Doulgeraki et al., 2012, Shao et al., 2021).

Av alla mikroorganismer som kan förekomma på kött är det endast en mindre del som orsakar förskämning. Vilka mikroorganismer som kommer tillväxa och bidra till förskämning avgörs av yttre miljöfaktorer, det selektionstryck som bildas i livsmedlet genom köttets vidare behandling samt de enskilda mikroorganismernas förmåga att tillväxa och bilda förskämmande nedbrytningsprodukter (Casaburi et al., 2015, Doulgeraki et al., 2012). Viktiga miljöfaktorer för selektion av mikroorganismer på kött och köttprodukter är vid vilken temperatur och i vilken atmosfär köttet förvaras i. Även köttets pH och vattenhalt har betydelse (Casaburi et al., 2015, Doulgeraki et al., 2012). Selektionen av mikroorganismer på kött påverkas också av de interaktioner som sker mellan befintliga mikroorganismer, såsom konkurrens om näringsämnen och påverkan av den miljö som skapas genom mikrobiell aktivitet (Sofos et al., 2013). Olika mikroorganismer kan således ta över efter varandra i takt med att förutsättningarna för tillväxt förändras i livsmedlet.

Förskämning av kött inkluderar kemiska, enzymatiska och mikrobiologiska processer (Casaburi et al., 2015, Dave and Ghaly, 2011). Vid tidpunkten för slakt påbörjas kemiska processer såsom oxidering av lipider och nedbrytning genom kroppsegna enzymer (autolys). Muskelcellernas förråd av glykogen omvandlas till mjölksyra vilket leder till att pH sjunker (Odeyemi et al., 2020). Hur mycket pH sjunker beror på typ av kött, men också på djurets hälsotillstånd vid tidpunkten för slakt. Kött av nöt och lamm har vanligtvis ett lägre pH jämfört med gris- och kycklingkött (Triki et al., 2018, Erkmen and Bozoglu, 2016d). Ju högre pH köttet har desto känsligare är det för bakteriell förskämning.

Efter slakt kyls slaktkroppar ner till en kärntemperatur på maximalt  $7\text{ }^\circ\text{C}$ , vilket är ett viktigt steg för att hämma tillväxt av mikroorganismer. Nedkylningen är dock inte omedelbar vilket gör att mikroorganismer kan växa till under tiden det tar för slaktkroppen att komma ner i temperatur. Eftersom nedkylningen sker i närvaro av luft är det aeroba mikroorganismer som tillväxer under denna period. När temperaturen i köttet gått ner till kyltemperaturer är det endast psykrotrofa mikroorganismer som kan tillväxa. Om köttet sedan förpackas i en atmosfär utan syre, till exempel vid vakuummörning av nötkött, hämmas tillväxten av aeroba mikroorganismer. Däremot kan anaeroba eller fakultativt anaeroba mikroorganismer tillväxa. Malning av kött ökar möjligheten för mikrobiell tillväxt eftersom det skapar en större yta för mikroorganismer att växa på jämfört med helt kött (Erkmen and Bozoglu, 2016d).

Färskt, kylt kött som förvaras i närvaro av syre förskäms av psykrotrofa aerober eller fakultativa anaerober, initialt ofta av arter inom släktet *Pseudomonas*, t.ex. *P. fragi*, *P. lundensis*, *P. fluorescens* och *P. putida*, men vidare också av arter inom en rad andra släkten inklusive *Aeromonas*, *Brochotrix*, *Serratia*, *Shewanella*, *Proteus* och *Enterobacter* (Doulgeraki et al., 2012, Efsa, 2016, Erkmen and Bozoglu, 2016a). Närvaro av syre är också en förutsättning för tillväxt av mögel på kötttytor (Erkmen and Bozoglu, 2016a). Förskämning orsakad av mögel är dock ovanligt och förekommer endast när tillväxtförhållandena förhindrar bakteriell förskämning, exempelvis om köttytan torkar till en vattenaktivitet som ger mögel konkurrensfördelar eller om temperaturen är så låg att bakterier inte

tillväxer (Pitt and Hocking, 2009b). I kött som förvaras nära eller under 0 °C kan arter av *Cladosporium* och *Penicillium* orsaka förskämning. Jästsvampar finns ofta i låga halter på ytan av helt kött men orsakar förskämning endast i malt kött där förökningen underlättas. Även i finfördelade produkter är jäst av minimal betydelse jämfört med bakteriell förskämning (Pitt and Hocking, 2009b).

I färskt kött som vakuumpförpackats eller förvaras i modifierad atmosfär orsakas förskämning av fakultativt anaeroba eller strikt anaeroba bakterier, till exempel mjölksyrabakterier, *Brochotrix* eller psykrotrofa clostridiearter (Doulgeraki et al., 2012, Sofos et al., 2013, Efsa, 2016, Spampinato et al., 2022). När förpackningar bryts skapas återigen en miljö som gynnar aeroba förskämningsbakterier.

Tillagning eller beredning av kött genom upphettning reducerar antalet mikroorganismer i produkten (Shao et al., 2021, Erkmen and Bozoglu, 2016a). I dessa produkter kan förskämning orsakas av överlevande mikroorganismer, t.ex. sporbildande bakterier såsom *Bacillus* spp. och *Clostridium* spp. om de får möjlighet att återväxa, eller mikroorganismer som kontaminerat köttet under efterföljande lagring, hantering eller bearbetning, t.ex. mjölksyrabakterier, *Brochotrix* eller *Micrococcus* (Sofos et al., 2013, Erkmen and Bozoglu, 2016a, Spampinato et al., 2022). På samma sätt som för färskt kött har förpackningsatmosfären betydelse för vilka mikroorganismer som kan växa och bidra till förskämning. Skivad kokt skinka som förpackats i modifierad atmosfär har visats kunna innehålla höga halter av främst mjölksyrabakterier (Spampinato et al., 2022). I charkprodukter är mögeltillväxt relativt vanligt, särskilt i lufttorkade och fermenterade produkter som salami. Flera arter av *Penicillium* är väl anpassade för tillväxt i låga temperaturer och hög andel protein, exempelvis *P. nordicum*, *P. chrysogenum* och *P. roqueforti*. Även arter av *Alternaria*, *Eurotium* och *Aspergillus* kan förekomma, liksom jäst, exempelvis *Debaromyces*, *Pichia* och *Candida* (Pitt and Hocking, 2009c, Erkmen and Bozoglu, 2016a).

## Så påverkas livsmedlet

Mikrobiell förskämning av kött kännetecknas av att köttet får dålig lukt, sur eller annan typ av oönskad bismak, gasbildning, missfärgning, slembildning och/eller texturförändringar (Dave and Ghaly, 2011). Förändringarna sker allteftersom förskämningsorganismerna växer på köttet och bildar olika nedbrytningsprodukter. Det första märkbara tecknet på förskämning av färskt kött är ofta att det börjar lukta illa, vilket anges som detekterbart när bakterier tillväxt till ungefär  $10^7$  cfu per gram kött (Sofos et al., 2013). Beroende på typ av kött och vilka förskämningsorganismer som tillväxer kan dålig lukt uppkomma även vid en längre bakteriehalt (Sofos et al., 2013). Kycklingkött, exempelvis, kan börja lukta illa redan vid upp till  $10^6$  kolonibildande enheter per gram kött (Erkmen and Bozoglu, 2016d). Dålig lukt uppkommer som ett resultat av att bakterierna övergår från att nyttja glukos som substrat till fria aminosyror (Erkmen and Bozoglu, 2016d). Aminosyror frigörs genom nedbrytning av protein (proteolys), och förskämmande mikroorganismer gör detta genom utsöndring av proteolytiska enzymer. Många förskämmande mikroorganismer kan också bilda lipaser, och därmed bryta ner fett. Vilken lukt som uppkommer beror på vilka nedbrytningsprodukter som bildats, vilket i sin tur påverkas av vilken energikälla bakterierna metaboliserar i köttet (Casaburi et al., 2015, Shao et al., 2021).

Exempel på ämnen som kan bildas vid förskämning av kött är koldioxid, vätgas och flyktiga organiska ämnen såsom aldehyder, alkoholer, ketoner, etylestrar, svavelämnen, organiska syror och ammoniak (Casaburi et al., 2015, Shao et al., 2021). Några exempel som kan nämnas är att flera clostridiearter kan bilda gas i vakuumpförpackat färskt kött och orsaka så kallad ”blown pack spoilage” (BPS). Bland annat butanol, smörsyra och vätesulfid påvisats i dessa gaser som dels gör att förpackningen sväller



upp och dels påverkar smak och lukt negativt (Casaburi et al., 2015, Shao et al., 2021). I kött som förpackats i modifierad atmosfär kan mjölksyrabakterier växa och ge köttet en sur smak. Under aeroba förhållanden har flera arter av *Pseudomonas* visats bilda olika svavelföreningar i kött (Casaburi et al., 2015, Shao et al., 2021). Växande mikroorganismer kan också utsöndra fettlösliga pigment eller andra metaboliter som kan missfärga kött.

Ytterligare tecken på förskämning är att kött kan bli slemmigt. Detta uppstår genom att en biofilm, bestående av bakterieceller och extracellulära polysackarider som dessa utsöndrar, bildas. Denna biofilm skyddar de växande bakterierna (Shao et al., 2021). Enzymatisk aktivitet, både från köttet och förskämmande bakterier, bryter ned köttcellerna vilket frigör näringsämnen och gynnar bakteriernas tillväxt samtidigt som nedbrytningsprodukter från köttet också bidrar till slembildningen. Bildning av slem följs ofta av en uppmjukning av köttets textur vilket sker genom nedbrytning av köttfibrer (Erkmen and Bozoglu, 2016d). Yttre faktorer som påverkar slembildning och uppmjukning är hur köttet är förpackat, relativ fukthalt och temperatur.

## Ägg

### De vanligaste förskämningensorganismerna

Innandömet av färska, nylagda ägg är vanligtvis fritt från mikrobiell kontamination. Utsidan av äggskalet exponeras dock för en rad olika bakterier, som kommer från avföring vid passagen genom kloaken på hönan eller från den omgivande miljön i hönsstallen. Mängden bakterier på skal på nylagda ägg har rapporterats vara cirka  $10^4$  -  $10^6$  cfu per ägg (Efsa, 2014). Studier har visat att det ofta är gram-positiva bakterier, bland annat arter inom släktena *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* och *Aerococcus*, som förekommer på äggskal (De Reu et al., 2008).

Till skillnad mot utsidan av äggskalet är det oftast gram-negativa bakterier som påvisas inuti förskämda ägg (EFSA, 2010). Gram-negativa bakterier förekommer i betydligt lägre grad på äggskal jämfört med gram-positiva bakterier, men har visats ha bättre förmåga att ta sig igenom äggskal och vara bättre på att stå emot de skyddsmekanismer som finns inuti ägg (De Reu et al., 2008). Om äggskalet har rätt tjocklek (ca 0,3 mm) och den färglösa vaxhinna som omger skalet (kutikulan) är hel, så minimerar det tillsammans med äggskalets antibakteriella proteiner sannolikheten att bakterier tränger in i ägget. Den vanligaste orsaken till att bakterier tränger in i ägget är defekter på skalet, men skalets genomsläpplighet ökar också under äggets lagringstid då kutikulan gradvis bryts ner (De Reu et al., 2009).

Det finns många förskämningensorganismer som påvisats i ägg, exempelvis arter inom bakteriesläktena *Pseudomonas*, *Proteus* och *Aeromonas* (Shebuski and Freier, 2009). För att tillväxt av bakterier ska kunna ske i äggen behöver membranerna mellan äggets gula och vita brytas ner såpass att äggvitans bakteriehämmande egenskaper minskat. Detta sker snabbare ju varmare äggen förvaras. Även tillväxten av förskämningensorganismer sker snabbare i ägg av som förvaras vid till exempel rumstemperatur jämfört med i kylskåp (Efsa, 2014). Vissa förskämningensorganismer, såsom arter inom släktet *Pseudomonas*, kan dock växa även vid kylskåpstemperaturer.

Det finns inget tydligt samband mellan en hög föroreningsgrad av äggskal och förskämning av ägg. Detta eftersom det inte är samma bakterier som vanligtvis hittas på förorenade äggskal som påvisas inuti förskämda ägg. Mängden förskämningensorganismer på äggskal har visats minska över tid, oavsett om äggen förvarats vid kyl- eller rumstemperatur (Efsa, 2014).

## Så påverkas livsmedlet

Äggets inre struktur påverkas över tid genom att det sker en nedbrytning av äggvita, äggula och membran (Kirunda and McKee, 2000). Under lagring bildas gaser naturligt i äggvitan, bland annat koldioxid, som successivt läcker ut från äggvitan över tid. Till viss del diffunderar även gas ut genom skalets porer. Diffusion av koldioxid från äggvitan medför att vitan får ett högre pH vilket ger en mer genomskinlig och vattmig vita (Efsa, 2014). När membranet mellan gulan och vitan bryts ner och blir mer genomsläpplig, tränger vätska över från vitan till gulan och ger gulan en plattare form. Gulan kan också bli missfärgad eller fläckig över tid (Efsa, 2014). När membranet mellan gulan och vitan försvagas kan också näringsämnen släppas igenom, vilket försämrar äggvitans antibakteriella egenskaper och ökar möjligheten för mikrobiell tillväxt (Efsa, 2014).

Försämning av ägg kännetecknas av att äggets innehåll missfärgas och får en dålig lukt (Shebuski and Freier, 2009). Vilka tecken på försämning som uppkommer är beroende på vilken försämningsbakterie som orsakar rötan. Några exempelvis är att bakterier inom släktena *Pseudomonas*, *Proteus* och *Aeromonas* ger upphov till svart röta och/eller svavellukt, *Stenotrophomonas maltophilia* orsakar grön röta och *Pseudomonas fluorescens* orsakar rosa röta (Shebuski and Freier, 2009).

## Spannmålsprodukter

### De vanligaste försämningsorganismerna

Spannmål kontamineras med mikroorganismer via miljön där de odlas, hanteras och bearbetas. Källorna är många och inkluderar till exempel jord, luft, vatten, insekter, djur, människor, lagringsutrymmen och utrustning (Bullerman and Bianchini, 2009). Den mikrobiella floran på spannmål är ofta varierad och innehåller mögel, jäst och bakterier såsom sporbildarna *Bacillus* och *Clostridium*, mjölksyrabakterier och enterokocker. Hur hög förekomsten av mikroorganismer blir beror av både miljöfaktorer och hantering, exempelvis kan kraftiga regn orsaka kontamination av bakterier och mögelssporer från jord och konditionering (blötläggning) i kvarnen kan orsaka höjda bakteriehalter (Cook and Johnson, 2009).

### Obehandlad spannmål

Spannmålsråvara kan påverkas av mögel redan i fält samt under torkning och lagring. Den så kallade fältfloran består framförallt av *Fusarium*. Dessa svampar infekterar växande grödor och kan bilda mykotoxiner, orsaka missfärgade kärnor och minskat skördeutbyte. Under torkning och lagring ändras artsammansättningen och mer torktåliga arter (lagringsfloran), framförallt *Aspergillus* och *Penicillium*, tar över. I spannmål som inte torkas tillräckligt eller som återfuktas kan tillväxt av dessa arter leda till produktion av mykotoxiner. Vid svåra angrepp kan dessutom möglens respiration leda till att fukthalten höjs vilket möjliggör tillväxt av andra mögelarter samt i förlängningen även jäst och bakterier (Bullerman and Bianchini, 2009, Erkmen and Bozoglu, 2016c). Fukthalten i lagrad spannmål ska ligga under ca 12 % för att säkerställa att ingen tillväxt av mögel sker.

### Spannmålsprodukter

De flesta typer av spannmålsprodukter är antingen torkade eller värmebehandlade, eller både och, vilket i hög grad påverkar deras benägenhet att försämmas (Cook and Johnson, 2009). Torkade produkter som till exempel mjöl, gryn, frukostflingor och torkad pasta har en vattenaktivitet under

0,60 vilket gör dem lagringsstabila, det vill säga mikroorganismer kan inte tillväxa förutsatt att produkterna förvaras på ett sätt som säkerställer att inte fukthalten höjs (Erkmen and Bozoglu, 2016c, Cook and Johnson, 2009). I värmebehandlade produkter som olika typer av bröd och bakverk, snacks och frukostprodukter finns ett effektivt avdödningssteg som avdödar i princip alla jäst och mögel samt vegetativa bakterier. Bakade produkter innehåller således få eller inga mikroorganismer när de är nyproducerade och förskämmande mikroorganismer introduceras oftast genom återkontamination.

Mögelsporer är allmänt förekommande i luft, och i miljöer där till exempel mjöl hanteras är de mycket vanliga. Kontamination kan även ske via produktionsutrustning, såsom skivnings- och förpackningsmaskiner, hantering och förpackningar. Det räcker med en enstaka mögelspor för att orsaka angrepp, vilket gör att praktiskt taget alla bageriprodukter är känsliga för mögelförsämning. Den relativt låga fukthalten, särskilt i brödskorpan, bidrar också till att mögel är de viktigaste försämmarna av olika typer av bagerivaror (Garcia et al., 2019, Cook and Johnson, 2009).

Förhållandena i bagerivaror stödjer ofta tillväxt av många sorters mögel. Vattenaktiviteten är normalt ca 0,75–0,98, i mjukt bröd dock oftast över 0,94, och pH runt 5,5–7,5 (Erkmen and Bozoglu, 2016c, Cook and Johnson, 2009). Skivat och förpackat bröd är mer känsligt för mögelangrepp eftersom snittytorna har högre vattenhalt än skorpan och förpackningar (till exempel plastpåsar) bidrar till att fukthalten bibehålls (Legan, 1993). Mjukt bröd skall inte kylförvaras eftersom det påskyndar retrogradering av stärkelse, en kemisk process som gör brödet hårt och smuligt (Modin and Lindblad, 2011). Det innebär att bröd, om det inte är fryst, ofta förvaras i temperaturer som är gynnsamma för mögeltillväxt. Normalt möglar mjukt bröd inom 5–6 dagar om det inte har behandlats med konserveringsmedel eller förpackats i modifierad atmosfär (Cook and Johnson, 2009). Surdegsbröd är mer motståndskraftigt mot mögel på grund av diverse biologiskt aktiva substanser som bildas av de ingående mjölksyrabakterierna, såsom olika organiska syror (Melini and Melini, 2018).

De vanligaste möglarna som försämmar bröd är arter av *Penicillium*, till exempel *P. chrysogenum*, *P. roqueforti* och *P. paneum*. Andra exempel på släkten och arter som förekommer inkluderar *Aspergillus*, *Mucor*, *Cladosporium*, *Rhizopus stolonifer*, *Neurospora crassa* och *N. sitophila* (Erkmen and Bozoglu, 2016c, Pitt and Hocking, 2009c). Jäst kan växa på ytan av mjukt bröd men det är betydligt mindre vanligt förekommande än mögelangrepp (Cook and Johnson, 2009). Släkten som förekommer är exempelvis *Saccharomyces*, *Debaryomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Candida* och *Zygosaccharomyces* (Pitt and Hocking, 2009c).

Även om bakterier är vanligt förekommande på ytan av spannmål har de begränsad betydelse för försämningen av spannmål och spannmålsprodukter eftersom fukthalten är för låg för att stödja tillväxt och värmebehandling innebär ett effektivt avdödningssteg (Modin and Lindblad, 2011, Erkmen and Bozoglu, 2016c). Ett undantag är sporbildande bakterier, till exempel *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* och *B. cereus*, vars sporer kan överleva i gräddat bröd, särskilt i mitten av limpor där temperaturen inte blir lika hög som i mindre bröd. Om fukthalt, temperatur och pH är tillräckligt högt kan dessa överlevande sporer växa ut och orsaka försämning i mjukt bröd men även i andra bagerivaror, så kallad ”rope spoilage” (Cook and Johnson, 2009, André et al., 2017). *Bacillus*sporer kan introduceras från råmaterial som kontaminerats via miljön. Halterna i mjöl är dock oftast relativt låga. Den huvudsakliga källan har visats vara produktionsutrustning som, om den inte rengörs korrekt, kan kontaminera deg och smet med höga halter sporer (Cook and Johnson, 2009).

Olika typer av kylda degar som färdig kakdeg och pizzadeg samt färska pastaprodukter kan försämmas av mjölksyrabakterier, till exempel *Leuconostoc* och *Lactobacillus*, liksom av jäst,

särskilt om de förvaras vid för hög temperatur (Erkmen and Bozoglu, 2016c, Cook and Johnson, 2009). Bakterier och jäst kan överföras till produkterna från mjöl och andra ingredienser, till exempel ägg, frukt, kryddor, liksom från produktionsutrustning. I söta degar är osmofila jästarter vanligast, till exempel *Hansenula anomala*. Denna typ av jäst kan växa i vattenaktivitet ned till 0,62 och pH 2,0 (Cook and Johnson, 2009).

## Så påverkas livsmedlet

Mögelangrepp på bröd syns först som vita, filamentösa eller luddiga kolonier. Värefter möglet utvecklas ändras färgen gradvis då färgade sporer börjar bildas. Arter av *Penicillium* ger ofta blå-grön färg; *Aspergillus* grön, svart eller brun; *Cladosporium* grå-grön; *Mucor* och *Rhizopus* fluffiga, grå-svarta kolonier (*Rhizopus stolonifer* kallas svart brödmögel); och *Neurospora* rödaktig (kallas rött brödmögel) (Erkmen and Bozoglu, 2016c, Pitt and Hocking, 2009c). Utöver de synliga tecknen på förskämning orsakar mögel även förändringar i lukt och smak hos bröd på grund av produktion av olika exoenzymer och flyktiga ämnen (Garcia et al., 2019, Filtenborg et al., 1996). Flera mögelarter som växer på bröd har dessutom förmåga att bilda mykotoxiner (Cook and Johnson, 2009).

Jäst som växer på bröd ger vit-rosa angrepp som inte är luddiga. Vissa typer av jäst och jästlika mögel orsakar en vit kalkaktig beläggning, exempelvis *Endomyces*, *Hyphopichia*, *Pichia* och *Zygosaccharomyces* (Pitt and Hocking, 2009c). Tillväxt av jäst kan också ge en sur, alkoholaktig lukt (Erkmen and Bozoglu, 2016c).

Arter av *Bacillus* producerar polysackarider och enzymer som orsakar så kallad ”rope spoilage” i bröd. Det medför att innanmätet blir trådaktigt, slemmigt eller klibbigt och missfärgat och skorpan kan bli mjuk och klibbig. Brödet får även en tydligt fruktig lukt, som av övermogna meloner eller ananas (Erkmen and Bozoglu, 2016c, André et al., 2017). I kylda degar och färsk pasta som förskäms av jäst och mjölksyrabakterier kan det bildas gas i form av koldioxid, slemmig textur och obehaglig lukt, sur eller alkoholaktig (Erkmen and Bozoglu, 2016c, Cook and Johnson, 2009). Denna typ av förskämning kan även ge effekt när degar bakas, i form av försämrad textur, lukt och smak.

## Förskämning av frukt och grönsaker

### De vanligaste förskämningsorganismerna

Frukt och grönt odlas ofta på friland och hanteras i öppna system vilket bidrar till att de exponeras för höga halter bakterier, jäst och mögelsporer i primärproduktionen (Erkmen and Bozoglu, 2016b, Snyder and Worobo, 2018). Jord, vatten och luft och utrustning är vanliga kontaminationskällor. Förorening kan även ske under hantering och lagring. Organiskt material, i form av avfall eller angripna exemplar av frukter och grönsaker kan tjäna som reservoarer och bidra till att förskämmande mikroorganismer får stor spridning (Barth et al., 2009, Erkmen and Bozoglu, 2016b).

För att förekommande mikroorganismer ska kunna tillväxa och orsaka förskämning måste de kunna penetrera ytskiktet av frukter och grönsaker. Vissa mikroorganismer är växtpatogena och kan infektera levande, oskadade växter. De kan därför orsaka angrepp på vegetabilier redan i fält (Tournas, 2005, Pitt and Hocking, 2009b). Merparten av förskämningen orsakas dock av arter som endast kan infektera växter då deras naturliga skyddsmekanismer avtar i och med att de mognar och efter hand börjar vissna. Skador på ytan av frukter och grönsaker, till exempel från insektsangrepp eller från hantering under skörd och senare processer underlättar angrepp och påskyndar förskämning. Frukter har ett bättre skydd mot mikroorganismer än andra växtdelar eftersom ytan av frukter har färre celler för

vatten-, syre- och koldioxidtransport (Barth et al., 2009). I andra strukturer utgör dessa celler ofta en ingångsport för förskämmande mikroorganismer.

### **Obearbetade frukter och grönsaker**

Innandömet av färska frukter och grönsaker har hög vattenaktivitet och god tillgång på näringsämnen, framförallt kolhydrater, vitaminer och mineraler, vilket stödjer tillväxt av bakterier, jäst och mögel. Flera faktorer bidrar dock till att mögel ofta dominerar förskämningsmikrobiotan:

Bland filamentösa svampar finns ett mycket stort antal virulensfaktorer som innebär att många är effektiva växtpatogener (Doehlemann et al., 2017).

Mögel producerar en stor mångfald av extracellulära lytiska enzymer som tillåter dem att bryta ned komplexa kolhydrater och effektivt tillgodogöra sig näring från frukt och grönt (Barth et al., 2009).

Frukt med lågt pH (ca 1,8–5,0) är motståndskraftiga mot bakterier, vilket ger mögel en fördel (Pitt and Hocking, 2009b).

Många mögelarter är väl anpassade för tillväxt i låga temperaturer, i kylförvarad frukt och grönt dominerar ofta dessa arter över den bakteriella förskämningsmikrobiotan (Frisvad et al., 2007a).

Mångfalden av mögel som förskämmer färska frukter och grönsaker är stor och inkluderar till exempel arter från släktena *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Pythium* och *Rhizopus* (Pitt and Hocking). Vissa arter har potential att producera mykotoxiner medan andra endast medför kvalitetsförsämring.

Bakterier orsakar förskämning av framförallt grönsaker med nära neutralt pH. *Erwinia carotovora* är en vanligt förekommande art som kan förskämma kålväxter och andra bladgrönsaker, morötter, lök och gurka. Andra bakterier som orsakar förskämning av grönsaker är mjölksyrabakterier och arter av *Pseudomonas* och *Corynebacterium* (Tournas, 2005).

I produktionen av färska vegetabilier saknas avdödningssteg för mikroorganismer vilket bidrar till att frukter och grönsaker ofta förskäms relativt snabbt. Hygienisk och varsam odling, skörd och lagring, ytdesinfektion (ofta vattentvätt eventuellt med tillsatts av desinficerande kemikalier) och förpackningar som förhindrar kontamination i livsmedelskedjans senare led, samt en kylkedja som saktar ned mognadsprocesser och hämmar mikrobiell tillväxt är viktiga parametrar för att minska och fördröja förskämning (Barth et al., 2009).

### **Färskskurna frukter och grönsaker**

Färskskurna frukter och grönsaker sorteras, rengörs, skalas, delas och förpackas för att vara enkla att konsumera och samtidigt ha kvar fördelarna från färska vegetabilier. Produkter inkluderar till exempel melonbitar, äppelklyftor, fruktsallader, salladsblandningar, minimorötter, strimlad eller tärnad kål och rotsaker. Till skillnad från obearbetade frukter och grönsaker är färskskurna alltid förpackade, ofta i modifierad atmosfär, och kylförvaras alltid (Barth et al., 2009). Liksom för färska produkter finns inga definitiva avdödningssteg, viss reduktion kan åstadkommas med olika kemiska och/eller fysiska desinfektionssteg exempelvis tvätt i klorerat vatten.

Skalning och delning eliminerar frukters och grönsakers skyddande yta och sprider mikroorganismer som finns på ytan av råa, hela vegetabilier till innandömet av produkterna. Hantering, utrustning och processmiljö kan också bidra till kontamination. Sönderdelning leder även till att näringsämnen frigörs

från växtvävnaderna vilket gynnar tillväxten av mikroorganismer. Bakterier, till exempel *Pseudomonas fluorescens* och *Erwinia herbicola*, samt jäst, till exempel arter av *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* och *Pichia*, dominerar ofta förskämningsmikrobiotan av färskskurna produkter, men även olika mögel kan förekomma (Erkmen and Bozoglu, 2016b, Ragaert et al., 2007).

### **Så påverkas livsmedlet**

När förskämmande mikroorganismer växer på frukter och grönsaker utsöndras lytiska enzymer som bryter ned beståndsdelar som pektin, cellulosa och stärkelse. Detta resulterar i att växtstrukturer bryts ned, blir mjuka och till slut helt upplösta. Beroende på mikroorganismernas olika typ av metabolism bildas även diverse ämnen som påverkar lukt och smak, exempelvis koldioxid, mjölksyra och andra syror, acetaldehyd, etanol och diverse flyktiga ämnen (Filtenborg et al., 1996, Tournas, 2005).

Mögelangrepp varierar i utseende beroende på infekterande art och vilken gröda som är angripen (Erkmen and Bozoglu, 2016b, Tournas, 2005). Oftast är angreppen torra jämfört med bakteriella angrepp men det förekommer också vattnigt utseende, till exempel orsakat av *Geotrichum candidum*. Ofta finns synligt mycel och med tiden färgade sporer. Blå-gröna angrepp på citrus och äpplen orsakas av *Penicillium*, svart-bruna angrepp kan orsakas av många arter, till exempel släktena *Alternaria* och *Fusarium*. *Botrytis cinerea*, som är vanligt förekommande i både grönsaker och frukter, kallas gråröta och angreppen ser ofta dammiga eller luddiga ut (Erkmen and Bozoglu, 2016b, Tournas, 2005). Jäst kan också bilda kolonier på ytan av särskilt färskskurna frukter och grönsaker, dessa är till skillnad från mögel släta och ofta blanka. Tillväxt av jäst kan även ge alkoholaktig lukt (Pitt and Hocking, 2009d). Bakteriell förskämning kännetecknas oftast av vattnigt och slemmigt utseende, så kallad ”bacterial soft rot” (Tournas, 2005). Sådana angrepp kan även synas som vissnade fläckar på grödor.

## **Fisk och skaldjur**

### **De vanligaste förskämningsorganismerna**

Frisk muskelvävnad från fisk och skaldjur är generellt sett fritt från eller innehåller mycket låga halter av mikroorganismer (Sofos et al., 2013). De bakterier som koloniserar köttet och som senare kan orsaka förskämning kommer från vattnet djuret levde i, skinnet/skalet, inälvor, redskap som användes vid rensning, och annan kontaminering under hanteringen (Zhuang et al., 2021). De vanligaste förskämningsbakterierna är gram-negativa aeroba bakterier, såsom *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella* och *Flavobacterium*, och fakultativa anaeroba, som *Shewanella*, *Alcaligenes* och *Vibrio* (Erkmen and Bozoglu, 2016d).

Fiskkött är järnfattigt och *Pseudomonas* har då en konkurrensfördel eftersom de kan producera sideroforer som binder järn. *Pseudomonas* är därför ofta den dominerande förskämmande, eftersom bakterien tillväxer snabbt under aeroba förhållanden, även på kött som hålls kylt. Under anaeroba förhållanden, som i förpackningar med vacuum eller koldioxid-atmosfär, så är mjölksyraproducerande bakterier ofta dominerande (Erkmen and Bozoglu, 2016d, Gram and Dalgaard, 2002).

Färgförändringar i fiskkött orsakas bland annat av *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, mögel- och jästsvampar (Erkmen and Bozoglu, 2016d). Bakterier från bl.a. släktena *Morganella*, *Proteus* och *Hafnia* orsakar förskämning av kött från scombroida fiskar (makrillartade fiskar) med produktion av biogena aminer (histamin, putrescin och kadaverin) som följd (Erkmen and Bozoglu, 2016d, Sofos et al., 2013, Egerværn and Olsen, 2017, Zhuang et al., 2021).

Kräftdjur och tvåskaliga blötdjur i kylförvaring förskäms framför allt av *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Pseudomonas* och *Vibrio*. *Vibrio* förekommer på kräftdjur och tvåskaliga blötdjur bland annat eftersom de kan leva av kitinet som finns i skalet (Sofos et al., 2013). Krabba och ostron som hålls kylda kan förskämmas av *Vibrio* (exempelvis *V. parahaemolyticus*), *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* och *Pseudomonas*, medan hummerkött kan förskämmas av *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Flavobacterium* och *Pseudomonas* (Erkmen and Bozoglu, 2016d).

### **Så påverkas livsmedlet**

Liksom för annat kött så kan fisk och skaldjur förskämmas både utan och med bakteriers inverkan. Oxidation av lipider i köttet (härskning) inverkar negativt på köttets lukt, smak och utseende. Efter att fisk, kräftdjur och tvåskaliga blötdjur dött påbörjas snabbt autolys, där kroppsegna enzymer som finns naturligt i köttet bryter ner muskelfvävnaden och leder till olika kemiska förändringar (Erkmen and Bozoglu, 2016d, Sofos et al., 2013). Detta leder till att bland annat pH sänks, produktion av hypoxantin (under avgivande av ammoniak) och att vävnaden blir mjukare. Kött från kräftdjur är särskilt känsligt för autolys (Cotton and Marshall, 1998, Erkmen and Bozoglu, 2016d). Detta eftersom enzymer i deras hepatopankreas snabbt både bryter ner köttet och bildar illaluktande ämnen efter att djuren dött. Det är anledningen till varför kräftdjuren ofta hålls levande till precis före tillagning (Cotton and Marshall, 1998, Erkmen and Bozoglu, 2016d, Sofos et al., 2013).

Både fiskkött och kött från kräftdjur har lågt innehåll av kolhydrater men har vanligtvis ett högt innehåll av proteiner, peptider och andra kväverika ämnen såsom fria aminosyror och trimetylaminoxid (Erkmen and Bozoglu, 2016d, Gram and Dalgaard, 2002). Många bakterier kan använda dessa ämnen som näringskälla. Kött från fisk, kräftdjur och tvåskaliga blötdjur har högre vattenaktivitet ( $a_w = 0,98-0,99$ ) och pH ( $pH > 6$ ) än till exempel kött från däggdjur och fågel, vilket gör sådant kött extra känsligt för förskämning genom bakteriell tillväxt (Erkmen and Bozoglu, 2016d).

I kött från fisk och kräftdjur producerar bakterier enzymer som hydrolyserar proteiner till peptider. Peptiderna bryts sedan ner till aminosyror som i sin tur metaboliseras av bakterierna (Zhuang et al., 2021). Processen leder till att köttets fysiska egenskaper ändras – till exempel mjukare textur, ändrad färg och att köttet blir slemmigt på ett sätt som gör det mindre aptitligt.

Nedbrytningen av aminosyror, framförallt svavelinnehållande aminosyror, leder även till bildandet av illaluktande och flyktiga ämnen (Zhuang et al., 2021). Många mikrobiella metaboliter som bildas i fisk och kräftdjur liknar dem som förekommer i rött kött och fågelkött, men vid förskämning av fisk och kräftdjur bidrar nedbrytningen av trimetylaminoxid, som ger det karakteristiska ammoniakliknande lukten, som kan beskrivas som ”fiskig”. Trimetylaminoxid bryts i sin tur ner anaerobt till trimetylamin och sedan till ammoniak, vilket har en stickande lukt (Gram and Dalgaard, 2002).

Andra ämnen som bildas vid förskämning av fisk och kräftdjur är organiska syror, estrar, alkoholer, ketoner, hypoxantin från nedbrytningen av ATP och acetat från laktat. Dessa ämnen, och eventuella biprodukter som ammoniak, luktar också starkt (Gram and Dalgaard, 2002).

Fisk som innehåller histamin kan ha en pepprig, skarp, salt smak eller ge en ”bubblig” känsla, men det kan också smaka som vanligt medan andra biogena aminer som putrescin och kadaverin har en karakteristisk lukt av ruttet kött (Egerværn and Olsen, 2017).

Köttet hos tvåskaliga blötdjur (ostron och musslor) har liknande egenskaper som hos fisk och kräftdjur vad gäller hög vattenaktivitet och högt pH men innehåller mer kolhydrater (glykogen) och något

mindre av kvävehaltiga ämnen (Erkmen and Bozoglu, 2016d). Därför sker förskämning av tvåskaliga blötdjur i större utsträckning genom fermentering av kolhydrater och i mindre utsträckning genom nedbrytning av proteiner och andra kvävehaltiga ämnen. Vid fermentering bildas syror som ger en sur lukt (Erkmen and Bozoglu, 2016d).



# Mikrobiologiska faror

## Bakterier

Alla livsmedel, förskämda eller inte, kan innehålla patogena mikroorganismer, såsom bakterier, virus och parasiter. Livsmedel kan förorenas genom de råvaror de innehåller eller via hantering under livsmedlets tillverkning. Råvarans kontamineringsgrad, produktionsmetod samt hur livsmedlet hanterats och förvarats före konsumtion är alla faktorer som påverkar sannolikheten för olika patogenerns förekomst i livsmedlet. Exponeringen för konsumenten beror på om patogenerna som förekommer överlever eventuell bearbetning, tillväxer och/eller bildar toxiner, om de kan kontaminera andra livsmedel i köket före konsumtion, eller om de avdödas vid tillagning (Efsa, 2020). Flera patogener, exempelvis patogena *E. coli* och *Campylobacter* samt livsmedelsburna virus och parasiter, behöver inte nödvändigtvis tillväxa i livsmedlet för att orsaka sjukdom.

De bakteriella faror som är relevanta kopplade till förskämda livsmedel är de som kan tillväxa och/eller bilda toxin i livsmedlet under de förvaringsförhållanden som livsmedlet normalt förvaras vid, och som därmed skulle kunna uppnå sjukdomsframkallande nivåer parallellt med förskämningssprocessen. För bakteriella faror innebär detta oftast förpackade livsmedel som ska kylförvaras. Liksom för förskämmande bakterier påverkas tillväxten av bakteriella faror i ett livsmedel av dess inre egenskaper (pH, vattenaktivitet m.m.) och yttre miljöfaktorer (temperatur, atmosfär m.m.). Dessutom påverkas tillväxten av interaktioner och eventuell konkurrens med övriga mikroorganismer i livsmedlet.

Generellt sett så är sjukdomsframkallande bakterier inte särskilt goda konkurrenter jämfört med förskämningssorganismer (Efsa, 2020), vilket medför att förskämningssmikrobiotan ofta verkar begränsande på patogenernas tillväxt. Men hur stor begränsningen av tillväxten är eller under vilka betingelser det sker utgör en generell kunskapslucka. På grund av bland annat detta är eventuella patogener ofta i numerärt underläge jämfört med övriga mikroorganismer i livsmedlet. Undantag kan vara om livsmedel processats på ett sätt som kraftigt minskar bakgrundsmikrobiotan, till exempel genom pastörisering. Det finns också exempel på att tillväxt av förskämningssbakterier kan bereda väg för sjukdomsframkallande mikroorganismer, till exempel att proteinnedbrytning av *Pseudomonas* kan gynna tillväxt av *Listeria* (Sofos et al., 2013). En konsekvens av förskämningssorganismernas generellt större, och därmed konkurrerande, förmåga att överleva och tillväxa är att livsmedel ofta förskäms innan patogena bakterier hunnit tillväxa till sjukdomsframkallande nivåer (Efsa, 2020). Tabell 3 ger exempel på ett antal bakteriella faror som kan vara aktuella att beakta i förskämd mat, genom sin förmåga att exempelvis tillväxa även vid kylförvaring eller sin förmåga att överleva pastörisering och andra avdödande beredningssteg och därefter kunna tillväxa och/eller bilda toxin, förutsatt att tillväxtförhållandena i övrigt är gynnsamma. Exempel på sådana bakteriella faror inkluderar psykotrofa patogena bakterier, bakterietoxiner och sporbildande bakterier. Det kan noteras att flera av bakterierna i tabell 3 kan tillväxa vid rekommenderade kylskåpstemperaturer eller vid temperaturer strax över. Bedömningen av eventuella risker kommer därmed att bero på vilka förvaringstemperaturer som bedöms rimliga att beakta, alltså även förvaring vid något högre temperaturer än rekommenderat. I vissa livsmedel, såsom fermenterade produkter och makrillartade fiskar, kan det bildas histamin och andra biogena aminer som kan orsaka matförgiftning och symptom som liknar en allergisk reaktion (Egerværn and Olsen, 2017).

Litteratursökningen som gjordes vid framtagandet av denna riskprofil visar att det inte finns särskilt mycket publicerat om eventuella hälsorisker med livsmedel mot slutet av eller efter utgången bäst före-datum. En publikation om mikrobiologisk kvalitet och förekomsten av patogener i livsmedel vid bäst före-datum eller sista förbrukningsdatum hittades: En portugisisk studie där 94 animaliska livsmedel (kött-, fisk- och mejeriprodukter) provtogs i handeln och analyserades vid bäst före-datum med avseende på *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, totalantal mesofila bakterier, mögel och jäst, Enterobacteriaceae, mjölksyrabakterier, *Pseudomonas* och *E. coli* (Maio et al., 2020). Över 70 % av proverna blev underkända med avseende på för hög förekomst av totalantalet mesofila bakterier, Enterobacteriaceae eller mögel och jäst. *Salmonella*, stafylokocker och *Bacillus* påvisades dock inte i något prov. *Listeria* påvisades i ett prov, med en halt över gränsen 10<sup>2</sup> cfu per gram. Bakteriehalter var högre i råvaror än i bearbetade livsmedel. En annan studie hittades, om mikrobiologisk kvalitet och förekomst av patogener i skivad skinka i öppnade förpackningar: En italiensk studie där fem olika varumärken av skivad skinka, förpackad i modifierad atmosfär, analyserades direkt då förpackningen öppnades samt efter vidare kylförvaring i upp till 12 dagar (Spampinato et al., 2022). Direkt efter öppnande påvisades höga halter av mjölksyrabakterier i de flesta prov, och dessa bakterier ökade i förekomst under förvaringstiden. Förekomst av opportunistiska patogener påvisades via metagenomiska metoder (inte genom odling), främst *E. coli* och *Vibrio* sp men även *Salmonella enterica* och *Klebsiella pneumoniae*.

**Tabell 3.** Exempel på bakteriella faror som kan vara aktuella att beakta i förskämd mat. Information hämtad från facklitteratur (ICMSF, 1996) och gränserna för tillväxt förutsätter att förhållandena i övrigt är optimala.

Bakteriell fara	Temperatur, min-max (°C)	pH, min-max	Vattenaktivitet (a <sub>w</sub> ), min
<i>Mesofiler</i>			
- <i>Salmonella</i> spp.	5,2-46	3,8-9,5	0,940
- Patogena <i>E. coli</i>	7-46	4,4-9	0,950
<i>Psykrotrofer</i>			
- <i>Yersinia enterocolitica</i>	-1,3-42	4,2-9,6	0,970
- <i>Listeria monocytogenes</i>	-0,4-45	4,4-9,4	0,920
<i>Toxinbildare, ej sporbildande</i>			
- <i>Staphylococcus aureus</i>	7-48	4-10	0,830
- <i>Staphylococcus toxin</i>	10-48	4,5-9,6	0,870
<i>Toxinbildare, sporbildande aerober</i>			
- <i>Bacillus cereus</i>	4-55	5,0-8,8	0,930
- Emetiskt toxin (cereulide) <sup>a</sup>	12-41	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>
<i>Toxinbildare, sporbildande anaerober</i>			
- <i>Clostridium botulinum</i> <sup>c</sup> (icke-proteolytisk)	3,3-?	5-?	0,97
- <i>Clostridium botulinum</i> <sup>c</sup> (proteolytisk)	10-?	4,6-?	0,930

<sup>a</sup> Minimitemperatur för tillväxt av *Clostridium perfringens* är inte känd. Bakterien tillväxer inte så mycket i livsmedel under 12 °C. Sporer kan gro ut vid lägre temperaturer, men toxin frisläpps när höga halter vegetativa celler sporulerar i tarmen. Sådan kraftig förökning sker först vid högre temperaturer.

<sup>b</sup> Det är mycket som fortfarande inte är känt kring bildandet av det emetiska toxinet cereulide och hur det korrelerar till tillväxt av *Bacillus cereus* (Buss da Silva et al., 2022). Angivet temperaturintervall ska därmed ses som osäkert.

<sup>c</sup> *Clostridium botulinum* antas kunna bilda toxin vid samma intervall som gäller för tillväxt (ICMSF, 1996).

## Mykotoxiner

Mögel som växer i råvaror och livsmedel kan i vissa fall bilda mykotoxiner (mögelgifter). De kan orsaka både akuta förgiftningar efter kortvarig exponering för höga halter, och kroniska negativa hälsoeffekter efter långvarig exponering för lägre halter (Keçińska-Pacelik and Biel, 2021).

Mykotoxiner kan bildas i hela livsmedelskedjan, förekomsten styrs av inre och yttre faktorer hos livsmedlet samt art och stam av möglet. Den generellt största källan i människors kost är dock livsmedel som kontaminerats tidigt, under odling och produktion, och där toxinerna kvarstår trots bearbetning av livsmedlet (Carballo et al., 2019). Denna typ av exponering är således inte kopplad till förskämning och kan i princip inte påverkas i konsumentledet.

När livsmedel möglar i senare led av livsmedelskedjan, det vill säga förskäms av mögel, är detta lätt att upptäcka med blotta ögat. Konsumenter kommer i de flesta fall kassera produkterna eftersom de upplevs som oaptitliga vilket begränsar förskämningens betydelse för mykotoxinexponering. Enligt en svensk enkätundersökning finns det dock skillnader i hur olika konsumenter hanterar mögliga livsmedel (Jonasson, 2021). I enkäten visades bilder på olika produkter med mögelangrepp och olika alternativ för hur mycket som borde kasseras. För vissa typer av produkter, t.ex. mjukt bröd, hårdost, frukt och grönt, fanns en ganska stor spridning i hur de svaranden hade hanterat maten där vissa skulle kassera hela medan andra tyckte att majoriteten av produkten kunde konsumeras. För andra typer av produkter som olika såser, mjölkprodukter och leverpastej var svaren mer samstämmiga och de svarande skulle kassera hela eller stora delar av produkten. Studier i Tyskland har även visat att kunskapen om mykotoxiner och associerade hälsorisker är generellt låg i befolkningen (Muñoz et al., 2021), vilket skulle kunna innebära att konsumenter i särskilda situationer väljer att konsumera livsmedel som inte är säkra.

Många mykotoxinproducerande mögel kan förekomma i hemmiljö där de kan spridas och sekundärt infektera diverse livsmedel. Mykotoxiner som påvisats i spontanmöglad mat i studier från Europa (Sverige och Tyskland) innefattar till exempel ochratoxin A i bröd, grönsaker, crème fraiche och ost; patulin i frukt och bröd; citrinin i bröd, frukt, grönsaker och crème fraiche samt aflatoxin i bröd (Sulyok et al., 2010, Olsen et al., 2017). Exempel på toxinproducerande arter samt under vilka förhållanden toxiner kan bildas presenteras i tabell 4. Utöver dessa mykotoxiner har även en lång rad mindre välstuderade mykotoxiner påvisats i spontanmöglad mat, exempelvis mykofenolsyra, penitrem A, enniatin B, emodin, festuclavine, beauvericin och roquefortin C (Sulyok et al., 2007, Sulyok et al., 2010). Mykofenolsyra och roquefortin C förekommer i ett stort antal av de livsmedel Sulyok och medarbetare testade (2010). Dessa substanser kan produceras av många penicillium-arter och resultatet understryker att detta släkte är ett av de viktigaste med avseende på mykotoxinbildning vid förskämning i Europa.

De halter av mykotoxiner som uppmätts i spontanmöglad mat har i många fall varit mycket höga, tillräckligt för att kunna orsaka akutoxiska effekter om livsmedlen hade konsumerats (Sulyok et al., 2010, Olsen et al., 2017). Akuta förgiftningsfall kopplade till mykotoxiner är dock mycket ovanligt i länder med god livsmedelstillgång. I Sverige har några fall av magsjuka förekommit då små barn ätit blåbärsprodukter kontaminerade med patulin (Åkerstrand et al., 1976) men i övrigt saknas fallbeskrivningar. Eftersom mykotoxiner kan orsaka kroniska effekter vid långvarig exponeringen skulle dock även livsmedel med låga halter, exempelvis sådana där själva angreppet har ansats bort, kunna utgöra en oacceptabel hälsorisk. Studier har visat att mykotoxiner kan spridas i livsmedlen och förekomma även i icke angripna delar (Dantigny et al., 2021, Coton and Dantigny, 2019, Sulyok et al.,

2010). Hur långt ett toxin sprids beror på dess kemiska egenskaper och halt samt livsmedlets konsistens och vattenhalt. Om livsmedel med mögelangrepp går att ansa och konsumera på ett säkert sätt kommer alltså bero både på vilket det infekterande möglet är, hur livsmedlet har förvarats och vilket livsmedel det gäller.

För individer med nedsatt immunfunktion, exempelvis cancerpatienter som genomgår cellgiftsbehandling eller individer med svår diabetes, kan vissa mögelarter i livsmedel utgöra en fara för infektioner. Exempel på släkten som kan orsaka dessa allvarliga men ovanliga infektioner är *Aspergillus*, *Rhizopus* och *Mucor*. Fall har rapporterats efter konsumtion av hemmagjord öl, möjlig yoghurt och probiotika (Lazar et al., 2014, Vallabhaneni and Walker, 2015, Martinello et al., 2012).

Förskämmande jäst i livsmedel utgör generellt ingen hälsofara. Några få arter av jäst räknas som humanpatogener men dessa är inte kopplade till infektioner via livsmedel (Velegiraki et al., 2015) och jästarter producerar inga kända mykotoxiner (Frisvad et al., 2007b).

**Tabell 4.** Exempel på mykotoxinbildande mögel som kan förkomma i förskämda livsmedel samt ungefärliga gränser för tillväxt och toxinproduktion. Angivna gränser förutsätter att förhållandena i övrigt är optimala och kan variera beroende på stam av mögel och tillväxtsubstrat. Informationen är sammanställd från (Baert et al., 2007, Sanchis and Magan, 2004, Pardo et al., 2004).

Mykotoxinbildande mögel	Tillväxt		Toxinbildning	
	Temperatur, min-max (°C)	Vattenaktivitet ( $a_w$ ), min	Temperatur, min (°C)	Vattenaktivitet ( $a_w$ ), min
<i>Aflatoxin</i>				
- <i>Aspergillus flavus</i>	10-45	0,77	12	0,83
<i>Ochratoxin A</i>				
- <i>Aspergillus ochraceus</i>	8-37	0,79	10	0,83
- <i>Penicillium verrucosum</i>	0-35	0,8	5	0,83
<i>Patulin</i>				
- <i>Penicillium expansum</i>	0-30	0,85	0	0,96

# Hanteringsåtgärder för säkra livsmedel

Som beskrivits ovan kan alla livsmedel, förskämda eller inte, orsaka matförgiftning beroende på hur de har producerats, vilka råvaror de innehåller, och hur de har hanterats i tidigare led. Det betyder att alla led i livsmedelskedjan påverkar och har ett ansvar för säkerheten av ett livsmedel. I detta kapitel beskrivs den relevanta övergripande lagstiftningen i ”EU:s livsmedelslag”, allmänna principer för produktion av livsmedel och till sist datummärkning som grund för hur konsumenten kan bedöma när ett livsmedel kan konsumeras.

## Relevant lagstiftning

Enligt artikel 14 i förordning (EG) nr 178/2002 skall livsmedel inte släppas ut på marknaden om de inte är säkra. Livsmedel är inte säkra om de kan anses vara skadliga för hälsan eller otjänliga som människoföda. Skadliga för hälsan (”detrimental to health”) brukar tolkas som att livsmedlet ger upphov till sjukdom på kort eller lång sikt, medan otjänliga (”unfit for human consumption”) kan anses främst gälla förskämning av livsmedel, men inte enbart. Otjänligt inkluderar också livsmedel som är olämpliga som människoföda eftersom de är förorenade antingen genom främmande ämnen, till exempel stenar eller metallbitar, eller genom förruttnelse, försämring eller nedbrytning.

Förordningen beskriver att vid fastställande av livsmedels säkerhet ska vägas in hur konsumenterna normalt använder och förvarar livsmedlet, och vad som sker i alla stadier i produktionsledet, bearbetnings- och distributionskedjan. Det innebär alltså ett krav att livsmedlen ska förbli säkra fram till tillagning och konsumtion. Hänsyn ska därför också tas till den information som ges till konsumenterna, däribland information på etiketten eller annan information som konsumenterna har allmän tillgång till om hur man kan undvika särskilt skadliga effekter på hälsan av vissa livsmedel eller livsmedelskategorier. Vidare ska hänsyn tas till de tänkbara omedelbara och/eller kortsiktiga och/eller långsiktiga effekterna av livsmedlet. Det gäller effekter på konsumentens hälsa, men också de kommande generationernas hälsa, vissa konsumentgruppers särskilda känslighet för ett livsmedel och tänkbara kumulativa toxiska effekter.

Det är alltså många aspekter som ska vägas in i bedömningen av ett livsmedels säkerhet och det krävs tolkningar om vad som kan anses innefattas inom exempelvis normala användningsområden, om betydelsen av informationen på etiketter och känsliga grupper. Frånvaro av risk kan aldrig garanteras, oftast beroende på praktiska orsaker och begränsade resurser, men också utifrån teoretiska utgångspunkter. Frågan om säkra livsmedel handlar därför alltid om rimliga nivåer av hur säkra livsmedlen ska vara. För oreglerade faror, där kriterier eller olika typer av gränsvärden saknas, vilket gäller många mikrobiologiska faror, har producenten ingen klar halt/gräns att förhålla sig till för konsumentens exponering och risk. Underlag för att bestämma och fatta beslut om sådana värden kräver därför ofta omfattande riskvärderingar. Generellt kan sägas att risken ökar kontinuerligt med dosen och det finns ingen tröskel som definierar en noll-risk. Beslutet om vad som är ett säkert livsmedel är därför ett värdebaserat beslut om vilken risknivå som anses säker. Ibland beskrivs en sådan nivå som ett ALOP (”Appropriate level of protection”).

## Viktiga faktorer vid produktion av säkra livsmedel

Varje producent har ett ansvar för att de livsmedel de producerar är säkra. Förutsättningarna för att producera säkra livsmedel vilar på att grundförutsättningar i form av god jordbruksked (GAP), god hygienpraxis (GHP) och god tillverkningsked (GMP) finns på plats, och på införande av förebyggande HACCP-baserade förfaranden. Dessa komponenter brukar sammanfattas som ingående i ett hanteringssystem för livsmedelssäkerhet ("FSMS – Food Safety Management System"). Ett sådant system förutsätter att alla kontrollåtgärder för att förebygga, eliminera, eller reducera en fara är validerade, övervakade och verifierade (EC, 2016, CAC, 2008). Det finns viss flexibilitet i kraven på systemet, exempelvis finns inget krav på HACCP-förfarande i primärproduktionen. Vidare tillåts en del förenklingar i detaljhandeln om inga stympunkter har identifierats, och då kan olika grundförutsättningar ("PRP – pre-requisite programmes") beroende på verksamhet ersätta HACCP-förfaranden (EC, 2020). Förutom att komponenterna i hanteringssystemet är på plats är producentens kunskaper om sina produkter avgörande för att kunna producera säkra livsmedel. Det innebär också ett krav att livsmedlen ska förbli säkra fram till tillagning och konsumtion, inte minst genom att producenten ska tillhandahålla information om hur livsmedlet ska hanteras, förvaras, tillagas och dess hållbarhet. Kunskapen om livsmedlen inkluderar kännedom om vilka faror som kan finnas i råvarorna och slutprodukten, hur livsmedlets egenskaper och förpackning påverkar möjligheten för mikroorganismer att tillväxa (förskämmande, patogena, eller toxinbildande mikroorganismer) och produktens hållbarhetstid.

Hållbarhetstiden kan bestämmas genom olika metoder eller kombinationer av metoder, med både experimentella och teoretiska, prognosmikrobiologiska verktyg. Metoderna kan vara olika beroende på om hållbarheten bestäms utifrån förskämning eller av att osäkra halter av sjukdomsframkallande mikroorganismer uppnås. Det senare scenariot är inte alltid enkelt eftersom en osäker halt ofta inte är definierad i form av ett kriterium, varierar för mikroorganismer även inom en art och mellan människor med olika känslighet, samt inte minst genom att producenten behöver ta höjd för hur livsmedlet normalt kan förväntas distribueras, förvaras och användas (EG) nr 2073/2005. Riktlinjer om vad som normalt kan förväntas finns oftast inte heller definierade. Exempelvis hur mycket högre förvaringstemperatur än den rekommenderade som producenten ska undersöka och ta höjd för. Enligt studier varierar förvaringstemperaturerna i kylskåp hemma hos konsumenter över ett stort intervall (Marklinder et al., 2004). Det finns en del rekommendationer och vägledningar framtagna om detta av nationella myndigheter (FSAI, 2019) eller branscher (Profel, 2020), men för de flesta mikroorganismer finns inga generella rekommendationer om vad som ska anses normalt och behöver beaktas.

## Datummärkning

Enligt förordning (EG) nr 1169/2011 ska livsmedel märkas med datum för minsta hållbarhet (bäst före-datum) eller med sista förbrukningsdag. För frysta livsmedel ska det även finnas uppgift om nedfrysningsdatum. Undantag finns för en del livsmedel där märkning är mindre relevant. Bland undantagen finns livsmedelsgrupper med ett uppskattat stort svinn till exempel färsk frukt och färska grönsaker som inte har skalats, delats i bitar eller behandlats på liknande sätt. Datum för minsta hållbarhet för ett livsmedel definieras som den dag fram till och med vilken livsmedlet vid rätt förvaring har kvar sina särskilda egenskaper. Livsmedel som är mikrobiologiskt lättfördärliga och därför efter en kort period kan antas utgöra en omedelbar fara för människors hälsa ska märkas med

sista förbrukningsdag. Efter sista förbrukningsdag ska ett livsmedel anses som icke säkert i enlighet med artikel 14.2–14.5 i förordning (EG) nr 178/2002.

Skrivningarna i (EG) nr 1169/2011 ger utrymme för tolkningar och är inte alltid entydiga. Begreppet ”lättförädlbara” tolkar nog de flesta som en beskrivning av livsmedel som lätt, eller efter en kort period, förskäms. Men förskämning leder per definition inte till fara för människors hälsa. Tolkning behövs även för begreppet ”omedelbar fara”, då en del patogener har en inkubationstid på upp till månader. Den tolkning som gjordes i en vetenskaplig rapport framtagen av Efsa om datummärkning (Efsa, 2020) var att detta gällde livsmedel som behöver kylförvaras, kan innehålla sjukdomsframkallande eller toxinbildande mikroorganismer, och som stödjer patogenernas/toxinbildarnas tillväxt under förvaring och före konsumtion. Med Efsas tolkning avgörs beslut om typ av datummärkning för ett visst livsmedel endast på om risken för människors hälsa ökar eller inte, det vill säga om tillväxt av patogena mikroorganismer och/eller toxinbildning kan ske under lagring och transport. Ett livsmedel kan alltså innehålla en patogen och därmed kunna ge upphov till sjukdom, men om mikroorganismen inte växer i livsmedlet ökar inte risken med tiden. Livsmedlet skulle enligt detta resonemang då märkas med ett bäst-före-datum vilket bestäms av när förskämning sätter in.

Ett inte ovanligt scenario är sekundär kontamination av ett öppnat livsmedel med mögel, vilket kan tillväxa och eventuellt bilda toxin. Detta är inte direkt relevant för en producent vid beslut om datummärkning och hållbarhetstid. Om det var resultat av en (primär) mögelkontamination hos producenten skulle det upptäckas och om det sker regelmässigt skulle det leda till andra problem för producenten. Däremot kan det vara viktigt att överväga vid information om hållbarhet av en öppen förpackning.

En annan komplikation är att beslutet om typ av datummärkning och hållbarhetstid ska ta hänsyn till konsumentens användning av livsmedlet och rimligen förutsebara förhållanden vid distribution, förvaring och användning (förordning (EG) nr 178/2002, EC, 2013). Specifikt gällande hur mycket av den variation som finns som producenten behöver ta med i beräkningen för att bestämma datummärkning och hållbarhetstid. Särskilt viktigt är hur livsmedel som inte är ätfärdiga bedöms. Ska den av producenten rekommenderade värmebehandlingen som livsmedlet genomgår anses kontrollera alla faror, eller ska hänsyn tas till att faror kan finnas kvar, till konsumenters olika preferenser och beteenden, och till värmestabilitet hos olika faror (sporer och värmestabila toxiner). Policyn i dessa frågor är öppen och hanteras olika, till exempel i olika beslutshjälpmedel för datummärkning såsom ReFED och WRAP (ReFED, 2022, WRAP et al., 2017). Ytterligare ett scenario att ta hänsyn till är att icke värmebehandlade livsmedel såsom färskt kött kan vara bärare av patogener som innan värmebehandlingen kan kontaminera andra livsmedel, till exempel sallad eller bröd, som äts utan uppvärmning.

Eftersom livsmedel som för konsumenten ser likadana ut kan ha mycket olika egenskaper ur ett säkerhetsperspektiv och stöda förökning av mikroorganismer i olika grad, är den information som konsumenten har att gå på vid beslut att äta ett livsmedel eller inte just datummärkning. Likaså kan instruktionen till konsumenter om hur livsmedel ska användas skilja mycket mellan liknande produkter (Ceuppens et al., 2016), vilket kan verka förvirrande för konsumenter och kan ha betydelse ur risksynpunkt. Detta exemplifieras av en studie om en grupp av produkter som kallas REPFED (”Refrigerated processed foods of extended durability, cooked chilled foods or ready to eat meals”, (Daelman et al., 2013)). För denna kategori av likartade produkter urskildes tre grupper utifrån pastöriseringsförhållanden och möjligheten till återkontamination efter värmebehandlingen. För dessa

tre grupper var alltså förutsättningarna för vilka mikroorganismer som kunde finnas i produkten vid försäljning till konsument mycket olika. Vid tillsatsförsök innehöll, efter rekommenderad värmebehandling, 5 av 9 analyserade prov fortfarande *L. monocytogenes* (Daelman et al., 2013). För flera produkter bestående av olika komponenter uppnåddes måltemperaturen i vissa delar men inte i andra, bland annat beroende på typ av produkt och förpackning, vilket visar på betydelsen av att producenten validerar effekten av sin rekommenderade värmebehandling.

Att livsmedel som för utomstående ser likadana ut kan ha mycket olika egenskaper ur ett säkerhetsperspektiv och stödja förökning av mikroorganismer i olika grad, pekar på ett möjligt problem om det förekommer att producenter sätter hållbarhetstider och datummärkning utifrån andra producenters liknande produkter. Detta utan att ha den detaljerade kunskap om den andra produkten som krävs för att kunna ta ett korrekt beslut om den egna produktens hållbarhet och datummärkning.

Om datummärkningen är bestämd på ett vederhäftigt sätt påverkas inte säkerheten av bäst före-märkta livsmedel över tid och produkten kan ätas så länge den anses tjänlig av konsumenten. För att uppnå detta behövs det vägledning som kan ge stöd åt producenterna i policybaserade frågor om hur hållbarhetstider och datummärkning ska bestämmas. Efsa har tagit fram förslag i form av ett beslutsträd som ett verktyg för att bestämma lämplig typ av datummärkning för en produkt och vägledning för hur hållbarhetstider bestäms (Efsa, 2020). I en uppföljande rapport finns också ett beslutsträd för om det behövs en angiven hållbarhetstid för öppnade förpackningar (Efsa, 2021). Visst stöd kan även finnas i EU-riktlinjer eller branschens egna, särskilt de nationella branschriktlinjer som bedöms av Livsmedelsverket. I vissa av dessa ges rekommendationer om lämpliga hållbarhetstider (Livsmedelsverket, 2022).

## Bacillus cereus och mjölk – ett exempel

*Bacillus cereus* är både en förskämmande mikroorganism och en potentiell mikrobiologisk fara i pastöriserad mjölk. Här beskrivs detta exempel för att visa på hur komplext beslut om hållbarhetstider, datummärkning och frågan om ofarligt vid förskämning kan vara. *B. cereus* förekommer frekvent i miljön, och sporer av bakterien är vanliga i opastöriserad mjölk. Halterna av sporer är högre under sommar eller tidig höst beroende på bland annat väder och i vilken omfattning juvret är kontaminerat med jord och avföring (Christiansson et al., 1999). Sporererna överlever pastörisering men viss kontaminering kan också ske efter pastörisering, via rör eller annan utrustning vid fyllning av mjölkpaketen (Eneroth et al., 2001). Förskämning sker främst genom tillväxt av psykrotrofa *B. cereus* stammar och bland dessa finns det även en hög andel potentiellt enterotoxinbildande stammar som kan orsaka diarrévarianten av sjukdom (Christiansson et al., 1989, Saleh-Lakha et al., 2017). Enligt studien av Saleh-Lakha (2017) är diarrétoxinproduktion möjlig vid kylskåpstemperaturer, men det är i detta sammanhang mindre viktigt eftersom toxinerna är labila och förstörs av det låga pH-värdet i magsäcken eller av värme. Även stammar som potentiellt kan producera den emetiska toxinvarianten har påvisats i mjölk. Andelen prover som innehåller dessa är lägre än diarré-varianten, generellt mindre än 0,5 % och maximalt 13 %, och sporhalterna är mindre än 1000 per liter (Svensson et al., 2006). De enterotoxinbildande varianterna kan växa vid kylskåpstemperaturer medan tillväxtminimum för emetiska stammar är omkring 10 °C (Carlin et al., 2006), och för toxinproduktion 12 °C (Finlay et al., 2000). En kanadensisk studie undersökte tillväxt och toxinbildning i mjölkpaket vid bäst före-datum (Saleh-Lakha et al., 2017). Av de mjölkpaket som förvarats vid 4 °C innehöll 0,8 % *B. cereus* men inga innehöll toxin, medan motsvarande andelar var 13 % och 4 % vid 7 °C, och 41 % och 31 % vid förvaring vid 10 °C. Vid 7 °C innehöll 5 % av förpackningarna mer än 10<sup>5</sup> cfu *Bacillus cereus* per



ml och vid 10 °C mer än 31 % av förpackningarna. Det kan noteras att hållbarheten angavs mellan 18 och 23 dagar för vanlig pastöriserad mjölk vilket är längre än i Sverige. Dock så uppmättes halter på  $10^5$  cfu per ml redan efter 5-6 dagar i några förpackningar som förvarades vid 10 °C, då de fortfarande enligt analys av totalantal bakterier kunde anses vara tjänliga (Saleh-Lakha et al., 2017).

Sjukdom via det emetiska toxinet orsakas av ett i livsmedlet preformerat toxin som är stabilt och inte förstörs av upphettning eller av den sura miljön i magsäcken. Enterotoxinerna inblandade i diarré-varianten är däremot labila och förstörs både av värme och lågt pH. Diarré-varianten orsakas av vegetativa celler, som till viss del överlever magsäckspassage, eller kanske vanligare av sporer som efter magsäckspassage gror och förökar sig i tarmen. Den genomsnittliga uppehållstiden i tunntarmen är ca 4 timmar (Efsa, 2005). För att sjukdom ska uppstå behöver sporer hinna gro ut och bakterierna föröka sig, ta sig till och adheras till tarmepitelet och där kunna producera enterotoxiner vid de betingelser som råder (toxiko-infektion, Dietrich et al. (2021).

Sammantaget kan sägas att både emetiska och enterotoxinbildande *B. cereus* stammar förekommer och överlever i pastöriserad mjölk. De emetiska stammarna har begränsad förmåga att växa vid kylskåpstemperaturer, men kan växa vid 10 °C och bilda toxin vid 12 °C. Hur mycket avvikelse från rekommenderade kylskåpstemperaturer som ska tas med i beräkningen avgör alltså värderingen av den emetiska faran. Diarré-varianten är vanlig i mjölk och kan bidra till förskämning men kan också, om temperaturerna är i det övre intervallet för ett kylskåp, föröka sig till halter som antingen i vegetativ- eller i sporform kan överleva passage genom den sura miljön i magsäcken. Om de överlevande bakterierna ger upphov till sjukdom beror sedan på utfallet av processerna i tarmen som också påverkas av värdens immunförsvar och bakteriestammens egenskaper. Enligt sammanställningen ovan finns alltså en potential för *B. cereus* att orsaka sjukdom efter konsumtion av pastöriserad mjölk, särskilt om den förvarats lite för varmt, och lite för länge. Det finns endast få rapporter om utbrott via mjölk vilket kan bero på att psykrotrofa stammar sällan hinner gro ut och bilda toxin, kanske på grund av att mjölken anses förskämd innan *B. cereus* uppnått tillräckliga halter, eller för att fallen sällan upptäcks.

# Svar på frågor

## Specifika frågor som ska besvaras

1. Vad gynnar förskämning och hur kan förskämning förebyggas?

### Svar på fråga 1.

Förekomsten av förskämmande mikroorganismer i ett livsmedel beror på vilka och hur många mikroorganismer som finns från början i råvarorna och hur de sedan hanteras och bearbetas. Hur väl förskämmande mikroorganismer tillväxer i ett livsmedel påverkas av livsmedlets egenskaper (inre faktorer), såsom struktur, pH, vatten- och näringsinnehåll, samt på den miljö som livsmedlet förvaras i (yttre faktorer). Förvaringstemperaturen är den enskilt viktigaste yttre faktorn för mikroorganismers tillväxt, men även faktorer som relativ luftfuktighet och förpackningsatmosfär (halten koldioxid respektive syrgas) har betydelse. Tillväxtpotentialen hos förskämmande mikroorganismer beror också på interaktioner med övriga mikroorganismer som kan finnas i livsmedlet (implicita faktorer).

Det finns tre övergripande principer som kan tillämpas för att förebygga förskämning och därmed uppnå en förlängd hållbarhet hos livsmedel. Dessa inkluderar 1) att undvika kontaminering av livsmedel genom hygienisk hantering och paketering av livsmedel, 2) att tillämpa metoder som kraftigt reducerar antalet mikroorganismer i livsmedlet eller livsmedelsråvaran genom avdödning samt 3) att tillämpa metoder som medför att det skapas en miljö som inte stödjer eller som kraftigt hämmar tillväxt av mikroorganismer i livsmedlet. Exempel på metoder som kraftigt reducerar antalet mikroorganismer i livsmedel eller livsmedelsråvaror kan vara pastörisering, strålning eller högttrycksbehandling. Exempel på metoder som skapar en ofördelaktig miljö för mikrobiell tillväxt inkluderar kylförvaring, nedfrysning, torkning, tillsats av salt eller socker, vakuumpförpackning eller förpackning i modifierad atmosfär, syring, fermentering och tillsats av konserveringsmedel.

2. Vilka är de vanligaste mikroorganismerna som ligger bakom förskämning av nedanstående livsmedelsgrupper? På vilket sätt påverkas livsmedlen?

- Mjök och mjökprodukter
- Kött och köttprodukter, inklusive fjäderfä
- Ägg
- Spannmålsprodukter (t.ex. mjöl, gryn, bröd, ris, pasta)
- Frukt och grönsaker
- Fisk och skaldjur och produkter därav

### Svar på fråga 2.

Förmågan att framkalla förskämning varierar mycket mellan olika mikroorganismer beroende på hur snabbt de förökar sig och vilka energikällor i livsmedlet som de utnyttjar, och därmed de kemiska nedbrytningsprodukter som då bildas. Nedbrytning av såväl sockerarter, komplexa kolhydrater som proteiner och fetter medför olika typer av oönskade sensoriska egenskaper hos livsmedlet med påverkan på utseende, konsistens, lukt och smak.

Ofta kan bara en eller några få arter av mikroorganismer tillväxa tillräckligt i ett specifikt livsmedel och därmed orsaka förskämning, den så kallade förskämningsmikrobiotan hos livsmedlet. Mögel och jäst, som är eukaryota organismer, tillväxer långsammare än bakterier. I livsmedel med förhållanden som stödjer bakteriell tillväxt blir därför bakterier ofta den dominerande förskämningsmikrobiotan. Mögel och jäst kan dock generellt tillväxa under mer varierande förhållanden och förskämmer därför många typer av livsmedel i vilka bakterier vanligtvis inte kan tillväxa. Bakterier trivs generellt bäst vid neutrala pH-värden och tillväxthastigheten minskar gradvis när pH sjunker. Mjölksyrabakterier tillväxer dock optimalt vid pH 5–6. Bakterier förökar sig snabbast i färska livsmedel, som har en hög vattenaktivitet, cirka 0,95–0,99. Mögel och jäst är generellt mycket toleranta för varierande pH-värden vilket gör att det inte är en begränsande faktor för tillväxten i livsmedel. Ett livsmedels vattenaktivitet är ofta det som i praktiken avgör om det möglar eller inte men det tolererbara intervallet är mycket bredare än för bakterier. Många mögel kan tillväxa och producera sporer under vattenaktivitet 0,85 och enstaka arter kan föröka sig ned till vattenaktivitet 0,65. Den temperatur som livsmedlet förvaras vid är den enskilt viktigaste yttre faktorn för tillväxt av bakterier, mögel och jäst. Hos såväl bakterier, som mögel och jäst finns det arter som kan tillväxa ned till 0 °C, men tillväxtoptimum ligger betydligt högre även för dessa arter.

En övergripande sammanställning av vanliga förskämningsorganismer för livsmedel tillhörande olika grupper och hur de olika livsmedlen påverkas av förskämning finns i tabell 5. För detaljer om förskämning av olika livsmedel, se avsnitt för respektive livsmedelsgrupp.

**Tabell 5.** Exempel, på en övergripande nivå, på mikrobiell förskämning av några olika grupper av livsmedel.

Livsmedelsgrupp	Livsmedel	De vanligaste förskämningsorganismerna	Så påverkas livsmedlet av förskämning
Mjölk	Mjölk	Psykrotrofa gram-negativa bakterier, såsom <i>Pseudomonas</i> och koliformer som bryter ned laktos; sporbildande gram-positiva bakterier som <i>Bacillus</i>	Ökad viskositet, koagulering, "skär sig". Dålig lukt och smak. Fettet härsknar, särskilt i mjölk med lång hållbarhet.
	Ost (hård, semihård)	Mögelsvampar, såsom <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> och <i>Cladosporium</i> ; psykrotrofa gram-negativa bakterier som <i>Pseudomonas</i> ; strikt anaeroba sporbildande <i>Clostridium</i>	Mögelangrepp i form av luddigt, ofta färgat, mycel. Dålig lukt och smak. Härsknen smak, försämrad textur och kan svälla upp kraftigt av gasbildning.
	Yoghurt, crème fraîche, ost (mjuk)	Jästsvampar, såsom <i>Candida</i> , <i>Galactomyces</i> och <i>Yarrowia</i> ; mögelsvampar, till exempel <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> och <i>Cladosporium</i> .	Dålig smak, släta kolonier på ytan och gasbildning som gör att förpackningen sväller upp. Mögelangrepp i form av luddigt, ofta färgat, mycel.
Kött	Kött	Psykrotrofa aeroba eller fakultativt anaeroba bakterier, såsom <i>Pseudomonas</i> , <i>Brochotrix</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Serratia</i> ,; mjölksyrabakterier som <i>Leuconostoc</i> och <i>Lactobacillus</i>	Dålig lukt och smak, sur eller annan typ av oönskad bismak, missfärgning, slembildning och/eller mjukning av textur.
	Kött, förpackat i vacuum eller modifierad atmosfär	Psykrotrofa anaeroba eller fakultativt anaeroba bakterier, såsom psykrotrofa clostridier eller mjölksyrabakterier	Sur smak, gasbildning som gör att förpackningen sväller upp kraftigt.

Livsmedelsgrupp	Livsmedel	De vanligaste förskämningsoorganismerna	Så påverkas livsmedlet av förskämning
	Köttprodukter	Aerober, fakultativa anaerober eller anaerober, beroende på om produkterna är förpackade eller inte. T.ex. Pseudomonas, mjölksyrabakterier, Brochotrix, Micrococcus, mögelsvampar och jäst.	Sur smak, dålig lukt, slemmighet, missfärgningar.
Ägg	Ägg	Gram-negativa bakterier, som Pseudomonas, Aeromonas, Proteus och Enterobacter; mögelsvampar, som Penicillium, Cladosporium och Alternaria	Dålig lukt, missfärgning, ändrad textur av gasbildning.
Spannmålsprodukter	Bröd	Mögelsvampar, som Penicillium, Aspergillus, Mucor, Cladosporium, Rhizopus och Neurospora; jästsvampar som Saccharomyces, Debaryomyces och Kluyveromyces; sporbildande bakterier som Bacillus	Mögelangrepp i form av luddigt, färgat mycel, samt ändrad lukt och smak. Sur eller alkoholaktig lukt, släta kolonier. Trådaktigt, slemmigt innanmäte med mjuk och klabbig skorpa, fruktig lukt.
	Kyllda degar och färsk pasta	Mjölksyrabakterier, som Leuconostoc och Lactobacillus; osmofila jästsvampar	Sur eller alkoholaktig lukt, gasbildning, slemmig textur
Frukt och grönsaker	Frukt och grönsaker	Mögelsvampar, såsom Alternaria, Botrytis, Fusarium, Geotrichum och Penicillium; bakterier som Erwinia, Pseudomonas, Corynebacterium och mjölksyrabakterier	Ändrad lukt och smak, mjukning av textur. Mögelangrepp i form av luddigt, färgat mycel. Vattnigt och slemmigt utseende, vissnade fläckar.
	Färskskurna frukt och grönsaker	Bakterier, såsom Erwinia och Pseudomonas; jästsvampar, som Candida, Cryptococcus, Rhodotorula och Pichia; vissa mögelsvampar	Ändrad lukt och smak, mjukning av textur. Vattnigt och slemmigt utseende, vissnade fläckar. Släta, blanka jästkolonier och alkoholaktig lukt Mögelangrepp i form av luddigt, färgat mycel.
Fisk och skaldjur	Fisk, kräftdjur, tvåskaliga blötdjur	Gram-negativa aeroba bakterier, såsom Pseudomonas, Acinetobacter, Moraxella och Flavobacterium; gram-negativa fakultativa anaerober som Shewanella, Alcaligenes och Vibrio	"Fiskig" och ammoniakliknande lukt och smak Missfärgning, slemmighet och mjukning av textur.
	Fisk och fiskprodukter, förpackade i vacuum eller modifierad atmosfär	Fakultativt anaeroba mjölksyrabakterier	Sur lukt.

3. Mikrobiologiska hälsofaror kan förekomma i livsmedel som helt eller delvis genomgått förskämning, och det kan också vara skillnader i hälsorisker mellan livsmedel. För livsmedel som visar tecken på förskämning, sammanfatta:

Kortfattat om vilka de vanligaste farorna är

Faktorer som påverkar deras förekomst och skillnader i risk för olika livsmedel.

Hanteringsåtgärder som minskar risken, till exempel märkning, förpackning, hållbarhetstider, förvaringstemperatur, ”food safety management systems” (program för egen kontroll), HACCP. Beakta även konsumentperspektivet.

Svar på fråga 3.

Livsmedel kan, oavsett om de är förskämda eller inte, innehålla mikrobiologiska faror som kan orsaka sjukdom. De livsmedel som är relevanta att beakta ur såväl hälso- som hållbarhetssynpunkt är de som har sådana egenskaper att de stödjer mikroorganismernas förökning och/eller toxinbildning under de förhållanden som livsmedlet förvaras vid. På motsvarande sätt är de faror som är relevanta i livsmedel som helt eller delvis genomgått förskämning framförallt de som kan förökas och/eller bilda toxin under de förhållanden som livsmedlet normalt förvaras vid.

Bakteriella faror som kan vara aktuella att beakta i förskämd mat inkluderar sådana som kan överleva pastörisering och andra avdödande beredningssteg som livsmedlet har genomgått, och som dessutom har förmågan att tillväxa och/eller bilda toxin under förvaring. För bakteriella faror innebär det oftast bakterier som kan tillväxa vid kylförvaring och i förpackade livsmedel. Exempel på sådana bakteriella faror inkluderar psykrotrofa patogena bakterier som listeria och yersinia samt spor- och toxinbildande bakterier som *Bacillus cereus* och *Clostridium botulinum*. Ytterligare en fara att beakta är histamin och andra biogena aminer som kan bildas i vissa livsmedelstyper, såsom fermenterade produkter och makrillartade fiskar, och orsaka matförgiftning och symtom som liknar en allergisk reaktion.

Många mykotoxinproducerande mögel kan förekomma i hemmiljö där de kan spridas och sekundärt infektera diverse livsmedel, exempelvis bröd, frukt och grönt och mejeriprodukter. Vid förskämning i europeiska länder utgör oftast mögelarter ur släktet *Penicillium* samt associerade mykotoxiner den största faran men även många andra arter och mykotoxiner kan förekomma. Då mögeltillväxt oftast är lätt att upptäcka med blotta ögat kommer konsumenter i de flesta fall kassera produkterna eftersom de upplevs som oaptitliga. Möjliga produkter eller delar av dem som ändå konsumeras, exempelvis i avsikt att minska matsvinnet, kan innebära en risk för att konsumenter exponeras för hälsoskadliga halter. Högst halter mykotoxiner finns i och i nära anslutning till mögelangrepp men toxinerna kan även spridas till icke angripna delar. Om livsmedel med mögelangrepp går att anså och konsumera på ett säkert sätt beror både på vilket det infekterande möglet är, vilket livsmedel det gäller och hur det har förvarats.

På samma sätt som för förskämningsorganismer påverkas tillväxten av mikrobiologiska faror av både livsmedlets egenskaper (inre faktorer) och den miljö som livsmedlet förvaras i (yttre faktorer).

Livsmedlets egenskaper kan påverkas genom en rad hållbarhetsförlängande åtgärder, som antingen kraftigt reducerar antalet mikroorganismer i livsmedlet eller livsmedelsråvaran genom avdödning eller skapar en miljö som inte stödjer eller som kraftigt hämmar tillväxt. Miljön kan också påverkas genom exempelvis kylförvaring. Dessutom kan tillväxten hämmas eller ibland gynnas genom interaktioner

mellan mikroorganismerna i livsmedlet. Förståelsen av sådana interaktioner och förmågan att förutsäga effekten i ett specifikt livsmedel är bristfällig vilket utgör en stor kunskapslucka.

Enligt artikel 14 i förordning (EG) nr 178/2002 skall livsmedel inte släppas ut på marknaden om de inte är säkra, det vill säga om de kan anses vara skadliga för hälsan eller otjänliga som människoföda. Ansvaret för detta ligger på producenterna. Förutsättningarna för att producera säkra livsmedel vilar på att grundförutsättningar i form av god jordbrukssed (GAP), god hygienpraxis (GHP) och god tillverknings sed (GMP) finns på plats, och på införande av förebyggande HACCP-baserade förfaranden. Dessa komponenter brukar sammanfattas som ingående i ett hanteringssystem för livsmedelssäkerhet ("FSMS – Food Safety Management System"). Ett sådant system förutsätter att alla kontrollåtgärder för att förebygga, eliminera, eller reducera en fara är validerade, övervakade och verifierade. Producenterna har också krav på sig att säkerställa att livsmedlen förbli säkra fram till tillagning och konsumtion genom att tillhandahålla information om livsmedlets hållbarhet och hur det ska hanteras, förvaras och tillagas. Kunskapen om livsmedlen inkluderar kännedom om vilka faror som kan finnas i råvarorna och slutprodukten, hur livsmedlets egenskaper och förpackning påverkar möjligheten för såväl förskämmande som patogena och toxinbildande mikroorganismer att tillväxa samt produktens hållbarhetstid. Förutom sådan kunskap behövs det vägledning som kan ge stöd åt producenterna i policybaserade frågor om hur hållbarhetstider och datummärkning ska bestämmas, till exempel vad som ingår i rimligen förutsägbara lagringsförhållanden. En ökad efterfrågan på exempelvis minimalt bearbetade livsmedel eller produkter med mindre tillsatser och lägre salthalt innebär ytterligare en utmaning för livsmedelsindustrin, då dessa samtidigt måste säkerställa att dessa livsmedel också är hållbara och säkra.

Enligt förordning (EG) nr 1169/2011 ska livsmedel, med vissa undantag, märkas med datum för minsta hållbarhet (bäst före-datum) eller med sista förbrukningsdag. Bästa före-datum definieras som den dag fram till och med vilken livsmedlet vid rätt förvaring har kvar sina särskilda egenskaper (d.v.s. innan förskämning sätter in). För livsmedel som mikrobiologiskt är mycket lättfördärliga och därför efter en kort period kan antas utgöra en omedelbar fara för människors hälsa, ska istället märkas med sista förbrukningsdag. Enligt Efsa bör beslut om typ av datummärkning för ett visst livsmedel baseras på om risken för människors hälsa ökar eller inte under transport/lagring av livsmedlet, det vill säga om tillväxt av patogena mikroorganismer och/eller toxinbildning kan ske i livsmedlet. Ett livsmedel kan alltså innehålla en patogen och konsumtion av livsmedlet skulle således kunna göra oss sjuka, men om mikroorganismen inte växer i livsmedlet ökar inte risken med tiden och livsmedlet kan därför märkas med ett bästa före-datum.

Eftersom livsmedel som för konsumenten ser likadana ut kan ha mycket olika egenskaper ur ett säkerhetsperspektiv och stödjande förökning av mikroorganismer i olika grad är den information som konsumenten har att gå på vid beslut att äta ett livsmedel eller inte just datummärkningen. Problem kan uppstå om producenter sätter hållbarhetstider och datummärkning utifrån andra producenters liknande produkter, utan att själva ha detaljerad kunskap om den andra produkten och eventuella skillnader som kan påverka ett beslut om det egna livsmedlets hållbarhet, säkerhet och datummärkning.

4. Förutsatt att maten förvarats rätt, vilken risk utsätter man sig för när man genom att titta, lukta och smaka ska bedöma om ett livsmedel är acceptabelt att äta eller om det är förstört genom förskämning?

Svar på fråga 4.

En viktig källa för bedömning av reella risker är epidemiologisk information om utbrott eller sporadiska fall. Om det saknas uppgifter om sjukdomsfall orsakade av ett livsmedel och en mikrobiologisk fara trots att det har bedömts som en potentiell risk kan det innebära att andra faktorer, som vi har otillräcklig kunskap om, motverkar risken. Alternativt att fallen inte upptäcks och rapporteras. För att öka kunskapen skulle det behövas fler studier om förekomsten av mikrobiologiska faror i livsmedel som passerat bäst före-datum eller sista förbrukningsdag.

I livsmedel som stödjer tillväxt av patogena mikroorganismer och/eller toxinbildning under förvaringsbetingelserna ökar den potentiella risken med förvaringstiden. Det som påverkar om detta också innebär en reell risk är bland annat om de specifika betingelserna i livsmedlet och/eller interaktioner med bakgrundsmikrobiotan hämmar eller till och med minskar antalet patogener och/eller toxinbildning med tiden. Detta är en kunskap som endast producenten kan ha och som ska manifesteras i vilken datummärkning som har valts. I valet av datummärkning, liksom vid bestämningen av hållbarhetstiden, är det viktigt vilken grad av variation inom livsmedelskedjan som producenten har tagit hänsyn till, eftersom även några graders skillnad i förvaringstemperatur vid lagring kan påverka bedömningen mycket. Om ett livsmedel är märkt med sista förbrukningsdag innebär det sista datum då det är säkert att konsumeras, det vill säga att konsumtion ger inte upphov till sjukdom. Om ett livsmedel är märkt med bäst före-datum påverkas inte säkerheten (ger inte upphov till sjukdom) om det konsumeras efter bäst-före datum innan det är förskämt.

Det går inte att bedöma om ett livsmedel innehåller patogena mikroorganismer eller toxiner genom att titta, lukta och smaka. Lukt och smak handlar alltså inte om risk. Förskämning ska ses som ett tecken på att ett livsmedel är olämpligt att konsumera (Sperber, 2009), men inte nödvändigtvis att konsumtion av det medför en hälsorisk. Förskämning är dessutom subjektivt, vad som upplevs som förskämt av en konsument kan upplevas acceptabelt av en annan. Under förutsättning att ett livsmedel med bäst före-datum är korrekt märkt och har förvarats under rätt betingelser, så bör det vara säkert att äta så länge det bedöms tjänligt av konsumenten.

# Referenser

- ADAMS, M. R. & MOSS, M. O. 2016. *Food microbiology, 4th edition*, Cambridge, Royal Society of Chemistry.
- ADDIS, M. F., TANCA, A., UZZAU, S., OIKONOMOU, G., BICALHO, R. C. & MORONI, P. 2016. The bovine milk microbiota: insights and perspectives from -omics studies. *Molecular BioSystems*, 12, 2359-2372.
- ANDRÉ, S., VALLAEYS, T. & PLANCHON, S. 2017. Spore-forming bacteria responsible for food spoilage. *Res Microbiol*, 168, 379-387.
- BAERT, K., DEVLIEGHERE, F., FLYPS, H., OOSTERLINCK, M., AHMED, M. M., RAJKOVIĆ, A., VERLINDEN, B., NICOLAÏ, B., DEBEVERE, J. & DE MEULENAER, B. 2007. Influence of storage conditions of apples on growth and patulin production by *Penicillium expansum*. *International journal of food microbiology*, 119, 170-181.
- BARTH, M., HANKINSON, T. R., ZHUANG, H. & BREIDT, F. 2009. Microbiological spoilage of fruits and vegetables. *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*. Springer New York.
- BULLERMAN, L. B. & BIANCHINI, A. 2009. Food safety issues and the microbiology of cereals and cereal products. *Microbiologically safe foods*, 315.
- BUSS DA SILVA, N., ELLOUZE, M., ROUZEAU-SZYNALSKI, K., JOHNSON, N., ZWIETERING, M. H. & DEN BESTEN, H. M. W. 2022. Predicting *B. cereus* growth and cereulide production in dairy mix. *International Journal of Food Microbiology*, 364, 109519.
- CAC 2008. Guidelines for the validation of food safety control measures. *Tillgänglig: FAO-WHO-Codes webbplats (<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>)*.
- CARBALLO, D., TOLOSA, J., FERRER, E. & BERRADA, H. 2019. Dietary exposure assessment to mycotoxins through total diet studies. A review. *Food and Chemical Toxicology*, 128, 8-20.
- CARLIN, F., FRICKER, M., PIELAAT, A., HEISTERKAMP, S., SHAHEEN, R., SALONEN, M. S., SVENSSON, B., NGUYEN-THE, C. & EHLING-SCHULZ, M. 2006. Emetic toxin-producing strains of *Bacillus cereus* show distinct characteristics within the *Bacillus cereus* group. *Int J Food Microbiol*, 109, 132-8.
- CASABURI, A., PIOMBINO, P., NYCHAS, G. J., VILLANI, F. & ERCOLINI, D. 2015. Bacterial populations and the volatile associated to meat spoilage. *Food Microbiol*, 45, 83-102.
- CEUPPENS, S., BOXSTAEL, S. V., WESTYN, A., DEVLIEGHERE, F. & UYTENDAELE, M. 2016. The heterogeneity in the type of shelf life label and storage instructions on refrigerated foods in supermarkets in Belgium and illustration of its impact on assessing the *Listeria monocytogenes* threshold level of 100 CFU/g. *Food Control*, 59, 377-385.
- CHRISTIANSSON, A., BERTILSSON, J. & SVENSSON, B. 1999. *Bacillus cereus* spores in raw milk: factors affecting the contamination of milk during the grazing period. *J Dairy Sci*, 82, 305-14.
- CHRISTIANSSON, A., NAIDU, A. S., NILSSON, I., WADSTROM, T. & PETTERSSON, H. E. 1989. Toxin production by *Bacillus cereus* dairy isolates in milk at low temperatures. *Appl Environ Microbiol*, 55, 2595-600.
- COOK, F. K. & JOHNSON, B. L. 2009. Microbiological spoilage of cereal products. *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*. Springer New York.
- COTON, M. & DANTIGNY, P. 2019. Mycotoxin migration in moldy foods. *Current Opinion in Food Science*, 29, 88-93.
- COTTON, L. N. & MARSHALL, D. L. 1998. Rapid Impedimetric Method to Determine Crustacean Food Freshness. In: TUNICK, M. H., PALUMBO, S. A. & FRATAMICO, P. M. (eds.) *New Techniques in the Analysis of Foods*. Boston, MA: Springer US.
- DAELMAN, J., JACXSENS, L., DEVLIEGHERE, F. & UYTENDAELE, M. 2013. Microbial safety and quality of various types of cooked chilled foods. *Food Control*, 30, 510-517.
- DANTIGNY, P., CONIKA, M., FONTANA, A. & SCHORR-GALINDO, S. 2021. Mycotoxins during Consumer Food Storage. *Mycotoxins in Food and Beverages Innovations and Advances Part I*. CRC Press.
- DAVE, D. & GHALY, A. E. 2011. Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: A critical review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6.
- DE REU, K., MESSENS, W., HEYNDRIKX, M., RODENBURG, T. B., UYTENDAELE, M. & HERMAN, L. 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poultry Science Journal*, 64, 5-19.
- DE REU, K., RODENBURG, T. B., GRIJSPEERDT, K., MESSENS, W., HEYNDRIKX, M., TUYTTENS, F. A. M., SONCK, B., ZOONS, J. & HERMAN, L. 2009. Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: An international on-farm comparison. *Poultry Science*, 88, 2442-2448.



- DIETRICH, R., JESSBERGER, N., EHLING-SCHULZ, M. A.-O., MÄRTLBAUER, E. A.-O. & GRANUM, P. E. 2021. The Food Poisoning Toxins of *Bacillus cereus*. LID - 10.3390/toxins13020098 [doi] LID - 98.
- DOEHLEMANN, G., ÖKMEN, B., ZHU, W. & SHARON, A. 2017. Plant Pathogenic Fungi. *Microbiol Spectr*, 5.
- DOULGERAKI, A. I., ERCOLINI, D., VILLANI, F. & NYCHAS, G. J. 2012. Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *Int J Food Microbiol*, 157, 130-41.
- EC 2013. European Commission staff working document. Guidance document on *Listeria monocytogenes* shelf-life studies for ready-to-eat foods, under Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs, Draft. Tillgänglig: EU Kommissionens webbplats ([https://food.ec.europa.eu/index\\_sv](https://food.ec.europa.eu/index_sv)).
- EC 2016. Commission Notice of on the implementation of food safety management systems covering prerequisite programs (PRPs) and procedures based on the HACCP principles, including the facilitation/flexibility of the implementation in certain food businesses. 2016/C 278/01. *Official Journal of the European Union*, 1-32.
- EC 2020. Commission Notice providing guidance on food safety management systems for food retail activities, including food donations 2020/C 199/01.
- EFSA 2005. Opinion of the Scientific Panel on biological hazards (BIOHAZ) on *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp in foodstuffs. *EFSA Journal*, 3, 175.
- EFSA 2014. Scientific opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. *EFSA Journal*, 12.
- EFSA 2016. Growth of spoilage bacteria during storage and transport of meat. *EFSA Journal*, 14.
- EFSA 2020. Guidance on date marking and related food information: part 1 (date marking). *EFSA Journal*, 18.
- EFSA 2021. Guidance on date marking and related food information: part 2 (food information). *EFSA Journal*, 19.
- EGERVÄRN, M. & OLSEN, M. 2017. Biogena aminer i livsmedel. Riskvärderingsrapport. *Livsmedelsverkets rapportserie*.
- ENEROTH, A., SVENSSON, B., MOLIN, G. & CHRISTIANSSON, A. 2001. Contamination of pasteurized milk by *Bacillus cereus* in the filling machine. *J Dairy Res*, 68, 189-96.
- ERKMEN, O. & BOZOGLU, T. 2016a. Spoilage of meat and meat products. In: ERKMEN, O. & BOZOGLU, T. (eds.) *Food Microbiology: Principles into Practice*. John Wiley & Sons, Ltd.
- ERKMEN, O. & BOZOGLU, T. 2016b. Spoilage of Vegetables and Fruits. In: ERKMEN, O. & BOZOGLU, T. (eds.) *Food Microbiology: Principles into Practice*.
- ERKMEN, O. & BOZOGLU, T. F. 2016c. Spoilage of Cereals and Cereal Products. John Wiley & Sons.
- ERKMEN, O. & BOZOGLU, T. F. 2016d. Spoilage of Fish and Other Seafoods. *Food Microbiology: Principles into Practice*.
- FILTENBORG, O., FRISVAD, J. C. & THRANE, U. 1996. Moulds in food spoilage. *Int J Food Microbiol*, 33, 85-102.
- FINLAY, W. J., LOGAN, N. A. & SUTHERLAND, A. D. 2000. *Bacillus cereus* produces most emetic toxin at lower temperatures. *Lett Appl Microbiol*, 31, 385-9.
- FINNE KURE, C. & SKAAR, I. 2019. The fungal problem in cheese industry. *Current Opinion in Food Science*, 29, 14-19.
- FRISVAD, J. C., ANDERSEN, B. & SAMSON, R. A. 2007a. Association of moulds to foods. In: DIJKSTERHUIS, J. C. & SAMSON, R. A. (eds.) *Food Mycology*. CRC Press.
- FRISVAD, J. C., THRANE, U. & SAMSON, R. A. 2007b. Mycotoxin producers. *Food Mycology*. CRC Press.
- FSAI 2019. Food Safety Authority of Ireland. Guidance Note No 18. Validation of product shelf-life (Revision 4). Tillgänglig: FSAI webbplats (<https://www.fsai.ie>).
- FUSCO, V., CHIEFFI, D., FANELLI, F., LOGRIECO, A. F., CHO, G. S., KABISCH, J., BÖHNLEIN, C. & FRANZ, C. 2020. Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 19, 2013-2049.
- GARCIA, M. V., BERNARDI, A. O. & COPETTI, M. V. 2019. The fungal problem in bread production: Insights of causes, consequences, and control methods. *Current Opinion in Food Science*, 29, 1-6.
- GARNIER, L., VALENCE, F. & MOUNIER, J. 2017. Diversity and Control of Spoilage Fungi in Dairy Products: An Update. *Microorganisms*, 5.
- GOULD, G. W. 2000. Preservation: past, present and future. *Br Med Bull*, 56, 84-96.
- GRAM, L. & DALGAARD, P. 2002. Fish spoilage bacteria--problems and solutions. *Curr Opin Biotechnol*, 13, 262-6.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ-NEVADO, F., RUIZ-MOYANO, S., SERRADILLA, M. J., VILLALOBOS, M. C., MARTÍN, A. & CÓRDOBA, M. G. 2018. Spoilage yeasts: What are the sources of contamination of foods and beverages? *Int J Food Microbiol*, 286, 98-110.
- ICMSF 1996. Microorganisms in food 5 - Characteristics of microbial pathogens. In: ROBERTS, T. A., BAIRD-PARKER, A. C. & TOMPKING, R. B. (eds.). New York, NY: Springer.

- JONASSON, L. 2021. *Scrape off or throw away? Consumer attitudes to mouldy foods at home*. Master's thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.
- KĘPIŃSKA-PACELIK, J. & BIEL, W. 2021. Alimentary Risk of Mycotoxins for Humans and Animals. *Toxins*, 13, 822.
- LAZAR, S. P., LUKASZEWICZ, J. M., PERSAD, K. A. & REINHARDT, J. F. 2014. Rhinocerebral *Mucor circinelloides* infection in immunocompromised patient following yogurt ingestion. *Delaware Medical Journal*, 86, 245-248.
- LEGAN, J. 1993. Mould spoilage of bread: the problem and some solutions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 32, 33-53.
- LEISTNER, L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55, 181-186.
- LIVSMEDELSVERKET. 2022. *Företagande, Regler och Kontroll - Branschriktlinjer* [Online]. Tillgänglig: Livsmedelsverkets webbplats (<https://www.livsmedelsverket.se>). [Accessed 12/9 2022].
- MAIO, R., GARCIA-DIEZ, J. & SARAIVA, C. 2020. Microbiological quality of foodstuffs sold on expiry date at retail in Portugal: a preliminary study. *Foods*, 9, 919-919.
- MARKLINDER, I. M., LINDBLAD, M., ERIKSSON, L. M., FINNISON, A. M. & LINDQVIST, R. 2004. Home storage temperatures and consumer handling of refrigerated foods in Sweden. *J Food Prot*, 67, 2570-7.
- MARTIN, N. H., BOOR, K. J. & WIEDMANN, M. 2018. Symposium review: Effect of post-pasteurization contamination on fluid milk quality. *Journal of Dairy Science*, 101, 861-870.
- MARTINELLO, M., NELSON, A., BIGNOLD, L. & SHAW, D. 2012. "We are what we eat!" Invasive intestinal mucormycosis: A case report and review of the literature. *Medical mycology case reports*, 1, 52-55.
- MELINI, V. & MELINI, F. 2018. Strategies to Extend Bread and GF Bread Shelf-Life: From Sourdough to Antimicrobial Active Packaging and Nanotechnology. *Fermentation*, 4.
- MODIN, R. & LINDBLAD, M. 2011. Förvara maten rätt så håller den längre-vetenskapligt underlag om optimal förvaring av livsmedel. *Livsmedelsverkets rapport*.
- MOLIN, G. 1989. *Livsmedelsmikrobiologi: Hållbarhet, mjölksyrafermentering & kontroll*, Lund.
- MONTEBELLO, K., SPITERI, D. & VALDRAMIDIS, V. P. 2018. Identification and characterisation of aerobic spore-forming bacteria isolated from Maltese cows' milk. *International Dairy Journal*, 84, 54-61.
- MORALES, P., FERNÁNDEZ-GARCÍA, E. & NUÑEZ, M. 2005. Volatile Compounds Produced in Cheese by *Pseudomonas* Strains of Dairy Origin Belonging to Six Different Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 6835-6843.
- MUÑOZ, K., WAGNER, M., PAULI, F., CHRIST, J. & REESE, G. 2021. Knowledge and Behavioral Habits to Reduce Mycotoxin Dietary Exposure at Household Level in a Cohort of German University Students. *Toxins*, 13, 760.
- ODEYEMI, O. A., ALEGBELEYE, O. O., STRATEVA, M. & STRATEV, D. 2020. Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 19, 311-331.
- OLSEN, M., GIDLUND, A. & SULYOK, M. 2017. Experimental mould growth and mycotoxin diffusion in different food items. *World Mycotoxin Journal*, 10, 153-161.
- PARDO, E., MARIN, S., SANCHIS, V. & RAMOS, A. 2004. Prediction of fungal growth and ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus* on irradiated barley grain as influenced by temperature and water activity. *International Journal of Food Microbiology*, 95, 79-88.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009a. The ecology of fungal food spoilage. *Fungi and food spoilage*. Springer New York.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009b. Fresh and perishable foods. *Fungi and food spoilage*. Springer New York.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009c. Spoilage of stored, processed and preserved foods. *Fungi and food spoilage*. Springer New York.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009d. Yeasts. *Fungi and food spoilage*. Springer New York.
- PROFEL 2020. Hygiene guidelines for the control of *Listeria monocytogenes* in the production of quick-frozen vegetables. Tillgänglig: profels webbplats (<https://profel-europe.eu>).
- RAGAERT, P., DEVLIEGHERE, F. & DEBEVERE, J. 2007. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 185-194.
- REFED, O. 2022. ReFED Date Labeling Standardization Tool. Tillgänglig på ReFEDs webbplats (<https://www.refed.org>).
- ROSENGREN, Å. 2017. Inläggning, gravning, syrning och konservering. Riskhanteringsrapport. *Livsmedelsverkets rapportserie*.

- SALEH-LAKHA, S., LEON-VELARDE, C. G., CHEN, S., LEE, S., SHANNON, K., FABRI, M., DOWNING, G. & KEOWN, B. 2017. A Study To Assess the Numbers and Prevalence of *Bacillus cereus* and Its Toxins in Pasteurized Fluid Milk. *J Food Prot*, 80, 1085-1089.
- SANCHIS, V. & MAGAN, N. 2004. Environmental conditions affecting mycotoxins. *Mycotoxins in food: Detection and control*, 174-189.
- SHAO, L., CHEN, S., WANG, H., ZHANG, J., XU, X. & WANG, H. 2021. Advances in understanding the predominance, phenotypes, and mechanisms of bacteria related to meat spoilage.
- SHEBUSKI, J. & FREIER, T. 2009. Microbiological spoilage of eggs and egg products. In: SPERBER, W. & DOYLE, M. (eds.) *Compendium of Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*.: Springer Science and Business Media.
- SHI, C. & KNØCHEL, S. 2021. Susceptibility of dairy associated molds towards microbial metabolites with focus on the response to diacetyl. *Food Control*, 121, 107573.
- SNYDER, A. B. & WOROBO, R. W. 2018. The incidence and impact of microbial spoilage in the production of fruit and vegetable juices as reported by juice manufacturers. *Food Control*, 85, 144-150.
- SOFOS, J. N., FLICK, G., NYCHAS, G.-J., O'BRYAN, C. A., RICKE, S. C. & CRANDALL, P. G. 2013. Meat, Poultry, and Seafood. *Food Microbiology*.
- SPAMPINATO, G., CANDELIERE, F., AMARETTI, A., LICCIARDELLO, F., ROSSI, M. & RAIMONDI, S. 2022. Microbiota Survey of Sliced Cooked Ham During the Secondary Shelf Life. *Frontiers in Microbiology*, 13.
- SPERBER, W. 2009. Introduction to the microbiological spoilage of foods and beverages. In: SPERBER, W. & DOYLE, M. (eds.) *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. Food Microbiology and Food Safety*. New York: Springer New York.
- STANBOROUGH, T., FEGAN, N., POWELL, S. M., SINGH, T., TAMPLIN, M. & CHANDRY, P. S. 2018. Genomic and metabolic characterization of spoilage-associated *Pseudomonas* species. *International Journal of Food Microbiology*, 268, 61-72.
- SULYOK, M., KRŠKA, R. & SCHUHMACHER, R. 2007. A liquid chromatography/tandem mass spectrometric multi-mycotoxin method for the quantification of 87 analytes and its application to semi-quantitative screening of moldy food samples. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389, 1505-1523.
- SULYOK, M., KRŠKA, R. & SCHUHMACHER, R. 2010. Application of an LC-MS/MS based multi-mycotoxin method for the semi-quantitative determination of mycotoxins occurring in different types of food infected by moulds. *Food chemistry*, 119, 408-416.
- SVANSTRÖM, Å. 2022. Risker med frukt grönsaker och rotsaker som har möglat. *Livsmedelsverkets rapportserie*. Livsmedelsverket.
- SVENSSON, B., MONTHÁN, A., SHAHEEN, R., ANDERSSON, M. A., SALKINOJA-SALONEN, M. & CHRISTIANSSON, A. 2006. Occurrence of emetic toxin producing *Bacillus cereus* in the dairy production chain. *International Dairy Journal*, 16, 740-749.
- TIRLONI, E., GHELARDI, E., CELANDRONI, F., BERNARDI, C. & STELLA, S. 2017. Effect of dairy product environment on the growth of *Bacillus cereus*. *Journal of Dairy Science*, 100, 7026-7034.
- TOURNAS, V. H. 2005. Spoilage of vegetable crops by bacteria and fungi and related health hazards. *Crit Rev Microbiol*, 31, 33-44.
- TRIKI, M., HERRERO, A. M., JIMÉNEZ-COLMENERO, F. & RUIZ-CAPILLAS, C. 2018. Quality Assessment of Fresh Meat from Several Species Based on Free Amino Acid and Biogenic Amine Contents during Chilled Storage. *Foods*, 7.
- VALLABHANENI, S. & WALKER, T. 2015. Notes from the Field Fatal Gastrointestinal Mucormycosis in a Premature Infant Associated with a Contaminated Dietary Supplement — Connecticut, 2014. *Update on Progress in Selected Public Health Programs After the 2010 Earthquake and Cholera Epidemic-Haiti, 2014*, 155.
- VELEGRAKI, A., CAFARCHIA, C., GAITANIS, G., IATTA, R. & BOEKHOUT, T. 2015. *Malassezia* infections in humans and animals: pathophysiology, detection, and treatment. *PLoS pathogens*, 11, e1004523.
- WRAP, FSA & DEFRA 2017. Labelling Guidance, Best Practice on Food Date Labelling and Storage Advice. Updated 2019. Tillgänglig: WRAPs webbplats (<http://www.wrap.org.uk>).
- ZHUANG, S., HONG, H., ZHANG, L. & LUO, Y. 2021. Spoilage-related microbiota in fish and crustaceans during storage: Research progress and future trends. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 20, 252-288.
- ÅKERSTRAND, K., MOLANDER, A., ANDERSSON, A. & NILSSON, G. 1976. mögel och patulin i djupfrysta blåbär. *Vår Föda*, 28:197-200.

Denna riskprofil har tagits fram för att sammanställa vad som kännetecknar olika slags mikrobiell förskämning och vilka typer av förskämning som är karakteristiska för olika livsmedelsgrupper. I underlaget beskrivs vad som händer med livsmedlen, faktorer som påverkar förskämningen och hur den kan förebyggas. Vidare utreds om det finns någon koppling mellan hälsorisker och förskämning i olika livsmedelsgrupper.

Riskprofilen är tänkt som ett samlat vetenskapligt underlag för en översyn av Livsmedelsverkets nuvarande råd och information om förskämning kopplat till svinn och säkerhet. Underlaget är viktigt för Livsmedelsverkets fortsatta arbete med matsvinn, klimatanpassning, civil beredskap samt myndighetens stöd till livsmedelssektorn.

---

Livsmedelsverket är Sveriges expert- och centrala kontrollmyndighet på livsmedelsområdet. Vi arbetar för säker mat och bra dricksvatten, att ingen konsument ska bli lurad om vad maten innehåller och för bra matvanor. Det är vårt recept på matglädje.