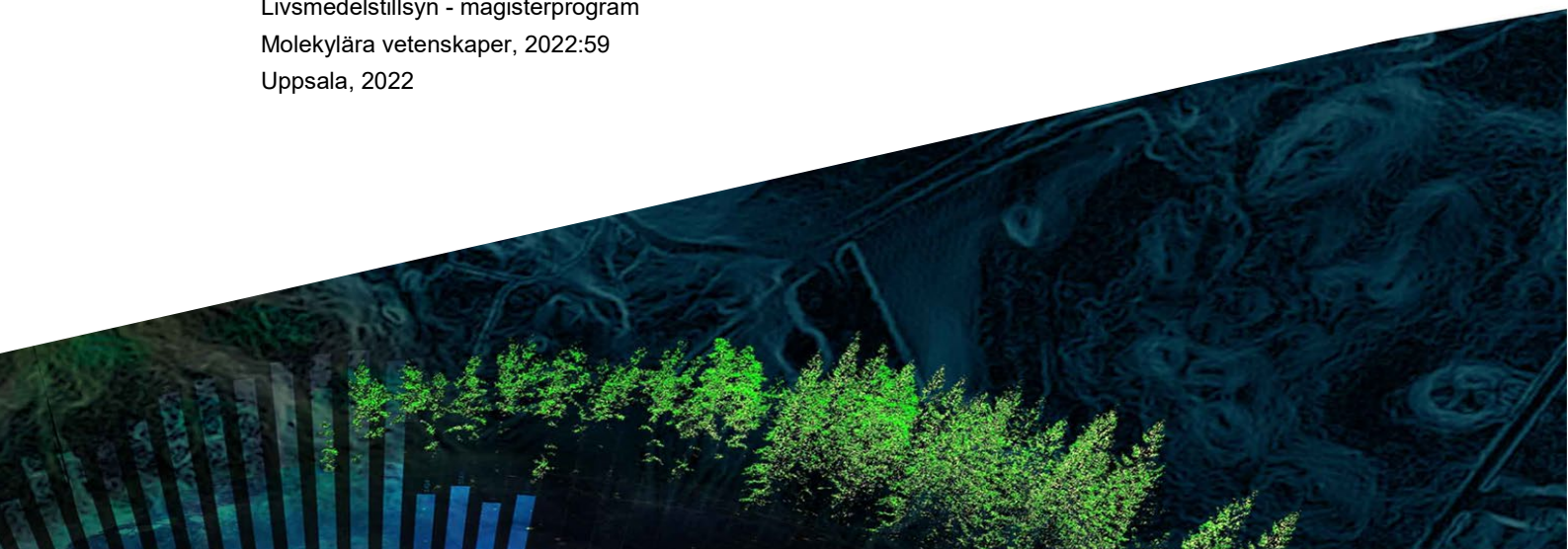




Temperaturens inverkan på tillväxt av olika mikroorganismer på frysta livsmedel

Almohannad Alahmad

Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för molekylära vetenskaper
Livsmedelstillsyn - magisterprogram
Molekylära vetenskaper, 2022:59
Uppsala, 2022



Temperaturens inverkan på tillväxt av olika mikroorganismer på frysta livsmedel

Influence of temperature on the growth of various microorganisms on frozen foods

Almohannad Alahmad

Handledare: Annika Nordin, SLU, Institutionen för energi och teknik
Bitr. handledare: Jaafar Khaled, Uppsala, Doktorand i medicinsk vetenskap, Institutionen för medicinsk cellbiologi
Examinator: Mattias Eriksson, SLU, Institutionen för energi och teknik

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad, A1E
Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap – magisterprogrammet i livsmedelstillsyn
Kurskod: EX1008
Program/utbildning: livsmedelstillsyn - magisterprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för molekylära vetenskaper
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd
Serietitel: Molekylära vetenskaper
Delnummer i serien: 2022:59

Nyckelord: Frysning, hållbarhet, mikroorganism, upptining

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för molekylära vetenskaper

Sammanfattning

Metoder för att bevara mat har varit en viktig aspekt för att säkra livsmedelsförsörjningen genom historien. Frysning och andra konserveringsmetoder har använts med framgång under årens lopp för att förlänga livsmedels hållbarhetstid, men det finns ibland mikroorganismer på livsmedel som kan växa till mängder som kan leda till sjukdom och utgöra problem för individers hälsa, eller så kan de förskämma livsmedel.

Mitt examensarbete undersökte temperaturens inverkan på olika mikroorganismer som finns på frysta livsmedel. Målet var att identifiera vilka mikroorganismer som kan finnas och utvecklas under nedkylning, och upptining, samt under transporten till konsumenten. Metoden var en litteraturstudie som använde vetenskapliga publikationer, lagstiftning och Livsmedelsverket som källor.

Mikroorganismer kan vara bakterier, virus eller svampar och de kan delas upp i tre grupper patogena, apatogena, och opportunistiska mikroorganismer. Apatogena mikroorganismer är inte skadliga för mänsklig hälsa utan kan förskämma livsmedel genom att förändra de sensoriska egenskaper tex. lukt och försämra hållbarheten. Lukt och smak hos livsmedel påverkas inte bara av den totala mängden bakterier, utan även av vilken sort det är, tex *Lactobacillus* kan finnas i höga halter utan att påverka smaken medan *Pseudomonas spp.* redan vid låga mängder kan påverka lukt och smak.

Patogena bakterier kan orsaka sjukdom genom att ger infektioner tex *Listeria monocytogenes* eller ger matförgiftning tex *Clostridium botulinum*. Ibland kan dock bakterietillväxt i livsmedel leda till båda infektion och matförgiftning från toxiner som kan vara värmetåliga och finnas kvar även om livsmedel kokat upp tex. *Bacillus cereus* toxin.

Vissa egenskaper hos bakterier innebär högre risk såsom låg infektionsdos och värmetåliga toxiner. Bakterier med låg infektionsdos utgör större risk genom att de kan behöva kortare tid i värme för att nå infektionsdosen tex *Clostridium botulinum*. Organismer som kan tillväxa i kylskåpstemperatur är främst förskämnings-organismer och bara ett fåtal patogener.

Studien visar att kylförvaring är reglerat för producenter och distributörer men att konsumentens hantering kan innebära risk för tillväxt tex vid transport och upptining. Resultaten påpekar att vid infrysning, transport och tining finns det en risk att temperaturen kan vara gynnsam för tillväxt av bakterier och svampar. Sådan tillväxt kan påverka livsmedlets kvalitet och hållbarheten men kan även utgöra fara för konsumenten. För att undvika tillväxt av mikroorganismer kan konsumenten exempelvis ha kylväska när man går och handlar livsmedel. Av olika upptinings metoder rekommenderas upptining i kallt vatten därför att det är snabbt och samtidigt håller temperaturen lägre än rumstemperatur. Om man vill tina upp livsmedel så det rekommenderas kallt vatten eller kylskåp.

Hållbarheten kan för frysta livsmedelsprodukter kan förlängas med lägre temperatur än -18°C vid frysförvaring. Varje grad lägre temperatur innebär högre energiförbrukning och det är avvägning mellan hållbarhet och energi förbrukning.

Nyckelord: Frysning, förskämning, hållbarhet, mikroorganism, upptining

Abstract

Food preservation methods have been an important aspect of food security throughout history. Freezing and other preservation methods have been used successfully over the years to extend the shelf life of food, but there are sometimes microorganisms on food that can grow to levels that can cause illness and pose problems for individuals' health, or they can spoil food.

My thesis investigated the effect of temperature on various microorganisms found on frozen foods. The aim was to identify which microorganisms may be present and develop during chilling, and defrosting, and during transport to the consumer. The methodology was a literature study using scientific publications, legislation and the Food Administration as sources.

Microorganisms can be bacteria, viruses or fungi and they can be divided into three groups pathogenic, apathogenic, and opportunistic microorganisms. Apathogenic microorganisms can taint foods by altering the sensory characteristics such as odour and impairing shelf life. The smell and taste of food is not only affected by the total amount of apatogenic bacteria, but also by the type of bacteria, e.g. *Lactobacillus* spp. can be present in high concentrations without affecting the taste, while *Pseudomonas* spp. can affect the smell and taste even at low levels. Apatogenic microorganisms are not harmful to human health but spoil food.

Pathogenic bacteria can cause illness by causing infections e.g. *Listeria monocytogenes* or causing food poisoning e.g. *Clostridium botulinum*. However, sometimes bacterial growth in food can lead to both infection and food poisoning from toxins which can be heat resistant and remain even after food has been cooked e.g. *Bacillus cereus* toxin.

Certain characteristics of bacteria pose a higher risk such as low infection dose and heat resistant toxins. Bacteria with low infection dose pose a higher risk as they may need a shorter time in heat to reach the infection dose e.g. *Clostridium botulinum*. Organisms that can grow at refrigerator temperature are mainly predisposing organisms and only a few pathogens.

This study shows that cold storage is regulated for producers and distributors but consumers handling can pose a risk of growth e.g. during transport and defrosting. The results point out that during freezing, transport and thawing there is a risk that the temperature may be favourable for the growth of bacteria and fungi. Such growth may affect the quality and shelf life of the food but may also pose a danger to the consumer.

To avoid the growth of micro-organisms, consumers can, for example, carry a cool bag when shopping for food.

Of the various defrosting methods, defrosting in cold water is recommended because it is fast and at the same time keeps the temperature lower than room temperature. If one wants to defrost food then it is recommended cold water or refrigerator.

The shelf life of frozen food products can be extended by using temperatures lower than -18°C in freezer storage. Each degree lower temperature means higher energy consumption and there is a trade-off between shelf life and energy consumption.

Keywords: Freezing, microorganism, spoilage, shelf life, thawing

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
1.1 Syfte	7
1.2 Bakgrund.....	8
1.2.1. Definitioner kopplade till kylkonservering.....	8
1.2.2. Frysförvaring av olika livsmedel	8
1.2.3. Lagstiftning.....	9
1.2.4. Mikroorganismer och risker.....	9
1.2.5. Mekanismer för tillväxt av mikroorganismer.....	10
2. Metod och material.....	11
3. Resultat.....	12
3.1. Sjukdomsframkallande bakterier i frysta livsmedel och deras symptom.....	12
3.1.1. Förskämningbakterier och dess påverkan på matens sensoriska egenskaper.....	13
3.2. Livsmedels hållbarhet vid kylkonservering.....	14
3.3. Temperaturökning vid vanliga metoder för upptining.....	15
3.4. Temperaturökning vid transporten.....	16
3.4.1. Mikroorganismer som kan växa upp vid upptining.....	18
4. Diskussion.....	21
4.1. Diskussion av resultaten.....	21
5. Slutsatser.....	25
Referenser.....	26
Populärvetenskaplig sammanfattning.....	30
Tack	31

1. Inledning

Människor har genom historien använt olika metoder för att bevara maten som de inte ätit omedelbart för att kunna överleva vinter säsongen, dessutom av ekonomiska anledningar för att kunna byta livsmedel mot andra varor (Thougaard, m.fl 2007). Dessa gamla konserveringsmetoder är bla rökning, fermentering, saltning, syltning, inläggning och torkning. Med tiden har nya bevarandemetoder utvecklats såsom värmebehandling, sous- vide-konservering, behandling med högt tryck, sterilfiltrering, strålnings sterilisering, kemisk konservering, förpackning i modifierad atmosfär och kylkonservering (Livsmedelsverket, 2022; Thougaard, m.fl 2007). Kylkonservering innebär att bevara livsmedel vid temperaturer lägre än rumstemperatur och den inkluderar både kylagring och fryslagring (Thougaard, m.fl 2007). Fryslagring har en viktig roll för att bevara livsmedel eftersom den inte innebär tillsatser, den förändrar därför inte livsmedlet så mycket och den tillåter lagring under lång tid jämfört med kylförvaring (Modin & Lindblad, 2011).

Det är vanligt att det finns bakterier och andra mikroorganismer på livsmedel, men för det mesta orsakar de inga problem. Vissa bakterier har dock förmågan att förorsaka sjukdom ifall en person får i sig en tillräckligt stor mängd (infektionsdos). Vid infrysning, transport och tining finns det en risk att temperaturen kan vara gynnsam för tillväxt av bakterier och svampar. Sådan tillväxt kan påverka livsmedlets kvalitet men kan även utgöra fara för konsumenten (Rosengren, 2017).

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är belysa hur temperaturen inverkar på tillväxten av olika mikroorganismer på frysta livsmedel. För att uppfylla syftet besvaras följande frågeställningar:

1. Vilka arter av mikroorganismer kan förekomma på frysta livsmedel, hur kan de utgöra fara för konsumenter och hur kan de påverka matens sensoriska egenskaper?
2. Vad har frysförvaring för betydelse för livsmedels hållbarhet?
3. I vilken utsträckning påverkar upptining tillväxten av mikroorganismer?
4. Hur kan transporten av livsmedel från distributionsplatsen till konsumentens hem bidra till tillväxten av mikroorganismer?

1.2 Bakgrund

1.2.1 Definitioner kopplade till kylkonservering

Livsmedels hållbarhet: Den rekommenderade maximala tid som livsmedel kan förvaras enligt vad tillverkaren anger genom bäst före datum eller sista förbrukningsdag, i kombination med förvaringsrekommendationer på förpackningen. (Hardin, 2021; Reid, m.fl. 2003).

Nedkylning: Enligt Livsmedelsverket rekommenderas att maten kyls ner till mindre än +8°C på högst 6 timmar (Livsmedelsverket 2022), och snabb kylning ger bättre säkerhet, kvalitet samt hållbarhet. Om man kyler ner maten långsamt så kan bakterier hinna tillväxa. Det finns flera faktorer som påverkar nedkylningshastigheten och dessa är: nedkylningsmetod, form och storlek på livsmedlet samt vatteninnehåll.

Kylförvaring: I Sverige innebär det normalt att livsmedel förvaras vid en temperatur på 0-8°C (Modin & Lindblad, 2011; Rosengren, 2017). Temperaturen i kylskåpet varierar beror på kylskåpets konstruktion, var livsmedlet placeras i kylskåpet. Om frukt och grönsaker förvaras i slutna påsar ökar luftfuktigheten på grund av frukternas och grönsakernas andning. Detta ökar därför risken för tillväxt av mikroorganismer och de bör förvaras i påsar som är något öppna eller perforerade. Varor som köps kyllda eller frysta bör inte värmas upp innan de placeras i kylskåpet (Modin & Lindblad, 2011).

Frysförvaring: Betyder att livsmedel bör förvaras i temperatur om minst -18°C vilket för livsmedelsproducenter och distributörer är ett lagstadgat krav (LIVSFS 2006:12) och utifrån denna temperatur kan tillverkare bestämma hållbarheten för livsmedel. Hållbarheten beror på livsmedlets egenskaper och är längre för magra livsmedel än för feta livsmedel. Det sker ingen tillväxt av mikroorganismer i frysta livsmedel så de blir inte hälsofarliga oavsett förvaringstid men kvaliteten kan försämrans med tiden (Modin & Lindblad, 2011).

1.2.2 Frysförvaring av olika livsmedel

Grönsaker och frukt: grönsaker är viktiga för vår hälsa, men det är krångligt att bevara dem färska, därför att de är mycket lättförstörbara och hållbarheten är väldigt kort på grund av mikroorganismer, enzymreaktioner, oxidation, cellostening osv (Zhang, m.fl. 2019). Så livsmedelsföretagen letar efter metoder och tekniker som kan bevara livsmedel för kort- och långtidsförvaring. För långtidsförvaring används djupfrysning därför att försämringsreaktioner fördröjs och mikrobiella aktiviteter avstannar helt under 0°C. Zhang, m.fl. (2019) betonar att frysförvaring har olika effekter på kvalitetsegenskaper hos grönsaker såsom konsistens, innehåll av

askorbinsyra, färg, klorofyll och karotenoider. Kvalitetsförluster vid lagring är oundvikliga men en stor del av kvalitetsegenskaperna är stabila under långvarig fryslagring. Vidare påpekar föregående författare att förbehandlingar före frysning, t.ex. blanchering, har en tydlig inverkan på kvalitetsbevaringen vid efterföljande lagring. Det vill säga att man kan använda långvarig fryslagring som en effektiv lagringsmetod för grönsaker om förbehandlingarna och lagringen utförs på rätt sätt.

Kött: Det finns två typer av kött, rött kött från nötkreatur och gris, och vitt kött från fjäderfä (Thougaard, m.fl. 2007). Hos det friska slaktdjuret finns det inte några mikroorganismer på de inre organen och musklerna utan mikroorganismer kommer under slakten via hud och tarm eller så kontamineras de av personal och utrustning (Thougaard, m.fl. 2007).

1.2.3 Lagstiftning

Det finns regler och föreskrifter utarbetade i EU som styr livsmedelshantering och dessa regler gäller i hela EU, även om det finns nationella regler om livsmedel i form av Livsmedelsverkets föreskrifter och livsmedelslagen (2006:804). Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2004/852 av den 29 april 2004 om livsmedelshygien gäller för samtliga aktörer i kylkedjan. Lagen betonar att livsmedelsföretagarna är ansvariga för obruten kylkedja, samt att de ska garantera livsmedelssäkerhet genom riskvärdering och därefter ange temperaturkrav för ett specifikt livsmedel vid olika förvaring. Temperaturen ska läggas så faran inte kan uppstå eller utvecklas. Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2004/853 av den 29 april 2004 om fastställande av särskilda hygienregler för livsmedel av animaliskt ursprung betonar att nedkylning ska ske direkt efter produktion och behållas under hela transport och anger även temperaturkrav för olika animaliska livsmedel. Livsmedelsverkets föreskrifter om djupfrysta livsmedel, LIVSFS 2006:12, innehåller regler om temperatur för djupfrysta livsmedel.

1.2.4 Mikroorganismer och risker

Patogena: De är mikroorganismer (bakterier, virus och svampar) som kan orsaka sjukdom hos människor och djur. Dessa mikroorganismer hamnar i människokroppen på olika sätt t.ex. via kontaminerade livsmedel till exempel *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes* och norovirus (Hardin, 2021).

Apatogena: De är mikroorganismer som inte har förmåga att orsaka sjukdom hos människa. Tillväxten av apatogena mikroorganismer kan dock ändra sensoriska egenskaper hos livsmedel tex oönskade färger, utveckling av obehagliga smaker, slem och gas som gör produkten oönskad och oacceptabel för konsumenten

(Hardin, 2021). Dessa bakterier, när de förekommer i livsmedel, kallas även förskämningbakterier.

Opportunistisk: De är mikroorganismer som kan orsaka sjukdom hos en människa som har ett svagt immunförsvar (Ekman, 2003).

1.2.5 Mekanismer för tillväxt av mikroorganismer

Tillväxthastigheten för bakterier påverkas av flera faktorer som temperatur, pH och vattenaktivitet (Madigan, m.fl. 2003). Bakterier påverkar kvaliteten på maten genom sina kemiska och enzymatiska processer (Madigan, m.fl. 2003).

I händelse av att vattenaktiviteten är mycket låg, genom tillsatts av salt och socker, leder detta till en minskning av bakteriers aktivitet eftersom dessas aktivitet kräver tillgängligt vatteninnehåll (Madigan, m.fl. 2003).

Studier av *Listeria* visade att dess tillväxt ökar i närvaro av inhiberande faktorer som surhet, låg temperatur och låg vattenaktivitet om det initiala innehållet av bakterier är högt (Koutsoumanis & Sofos, 2005).

Tillväxten av mikroorganismer i kött är högre än tillväxten i färska grönsaker och frukt på grund av det finns mer åtkomlig näring i köttcellerna, men frysning och upptining hos frysta grönsaker leder till söndriga växtceller vilket leder till mer åtkomlig näring (Ashrae, 2006).

2. Metod och material

Metoden är samla information från litteraturen och materialet har inhämtats från vetenskapliga databaser och hemsidor hos organisationer och myndigheter: Källor har hämtats från till exempel, men inte begränsat till: Google scholar, Science Direct, ComBase, Livsmedelsverket, Naturvårdsverket, SLU-bibliotekets databas Primus men även via rekommendation från extern handledare. Följande sökord användes i olika grupper: matupptining, mikroorganismer, lagstiftning för livsmedel, optimala förvaringstemperaturer, transporttemperatur, kylförvaring, nedkylning, konserveringsmetoder. Litteraturen som jag har använt är skriven mellan 1990- 2020.

Studien är inte heltäckande på alla faktorer som påverkar mikroorganismer utan fokus ligger på temperaturens inverkan på tillväxten av olika mikroorganismer som förekommer på kylda livsmedel.

3. Resultat

3.1 Sjukdomsframkallande bakterier på frysta livsmedel och deras symptom

Bacillus cereus: denna typ av bakterie finns i livsmedel som är stärkelsesrika och är en sporbildande bakterie, vilket innebär att bakterier omvandlas till sporform när tillväxtnöjligheterna försämras och när förhållandena åter blir gynnsamma kan de snabbt utvecklas till aktiva bakterier. Den har förmågan att tillväxa snabbt och orsakar matförgiftning eftersom den producerar toxin (Thougaard, m.fl., 2007). Det finns två typer av toxin som produceras av *B. cereus*, ett värmekänsligt toxin som bildas i tarmen och orsakar diarré som uppkommer efter 8-16 timmar men försvinner ofta efter 24 timmar, och ett värmetåligt toxin som bildas vid tillväxt i livsmedel och ger kräkningar som dyker upp efter 1-5 timmar men försvinner inom 24 timmar (FDA, 2012; Thougaard, m.fl., 2007). Båda varianterna av *Bacillus cereus* matförgiftning behöver mellan 10^5 - 10^8 *B. cereus* per gram livsmedel för att vålla sjukdom (Thougaard, m.fl., 2007).

Clostridium botulinum: *C. botulinum* typ E är vanligt förekommande i havsvatten, så det är vanligt att fisk kan vara kontaminerad med sporer av denna bakterie (Thougaard, m.fl., 2007). När den tillväxer producerar *C. botulinum* neurotoxin som orsakar botulism som är en allvarlig nervsjukdom. Symtom på botulism är synrubbingar, illamående, andningssvårigheter, muskelsvaghet och kräkningar. Det krävs endast en mycket liten mängd, det vill säga några nanogram för att orsaka sjukdomen som ibland leder till dödlighet i fall den drabbade personen inte har fått adekvat vård för botulism (ICMSF, 1996). Det krävs vanligtvis 18-36 timmar för symtom att visa sig efter konsumtion.

Clostridium perfringens: det behövs 10^6 per gram av denna bakterie för att orsaka matförgiftning, men känsliga människor kan drabbas av mindre mängd bakterier (FDA, 2012; Gibbs, 2009). Inkubationsperioden är vanligtvis mellan 12-18 timmar efter konsumtion av kontaminerade livsmedel. Symtomen består av kraftiga magsmärtor, gasbildning och kraftig diarré och den är övergående efter cirka 24 timmar (Thougaard, m.fl., 2007).

Listeria monocytogenes: *L. monocytogenes* kan vara orsak till två typer av sjukdomar, dels en icke-invasiv mag-tarm infektion som knappt orsakar några problem hos friska individer, medan den andra varianten av sjukdom kan orsaka blodförgiftning och hjärnhinneinflammation (FDA, 2012). *L. monocytogenes*

infektion har en hög mortalitet i fall den drabbar äldre och immunsvaga individer. Den kan vara orsak till missfall om den drabbar gravida, eller leda till för tidig födsel, eller att foster föds med listerios (Thougaard, m.fl 2007). Generellt krävs det väldigt många *L. Monocytogenes* bakterier för att man bli sjuk men om man är immunosupprimerad, gravid eller känslig på annat sätt så kan det räcka med lägre halter. Dock tål de flesta betydligt högre halter innan de blir sjuka (Thougaard, m.fl 2007).

3.1.1 Förskämningbakterier och dess påverkan på matens sensoriska egenskaper

Lukt och smak hos livsmedel påverkas inte bara av den totala mängden bakterier, utan även av vilken typ av bakterier, tex mjölksyrabakterier kan finnas i höga halter utan att påverka smaken medan *Pseudomonas spp.* redan vid låga mängder kan påverka lukt och smak (Modin & Lindblad, 2011). Vissa psykrotrofa bakterier har förmåga att bilda värmetåliga enzymer som kan fortsätta vara aktiva efter pastörisering och kan förskämma mjölken (Shah, 1994; Burgess, m. fl. 2010)

Psykrotrofa mikroorganismer: *Psykrotrofa* bakterier bryter ner protein och de gör det även i kyltemperatur men långsammare jämfört med förstörelse vid rumstemperatur (Thougaard, m.fl 2007). De kan leda till förskämning av protein hos livsmedel som är proteinrika såsom mjölk, ägg, kött osv (Monroe, 2008). Det finns flera släkten men *Pseudomonas spp.* och *Bacillus spp.* är vanligt förekommande. Problemet med *Pseudomonas spp.* är att mjölken koagulerar (Shah, 1994) och att den kan bilda värmeresistent enzymer (Walker, 1988). Livsmedel som är angripna av *Pseudomonas spp.* får fel smak och lukt (Burgess, m. fl. 2010). *Bacillus* släktet har förmåga att bilda värmeresistent sporer som orsakar förstörelse av pastöriserad mjölk (Moss, 2005; Ternström, m. fl. 1993).

Lactobacillus: De är mjölksyrabakterier och kan växa i kylskåpstemperatur och i miljöer med ett lågt pH samt har förmåga att förskämma exempelvis genom att omvandla fermenterbara kolhydrater till mjölksyra, koldioxid och slemännen (Lindberg, 2015).

Jäst- och mögelsvampar: De kan växa i låga temperatur ner till 10°C (Thougaard m.fl, 2007), vid lågt pH och låg vattenaktivitet (Jos, 1996). Mögel kan förskämma livsmedel genom att producera mykotoxiner som är giftiga, ge färgförändringar och smakförändringar (Filtenborg m.fl, 1996). Flera arter av jästsvamp har förmåga att förjäsa sockerarter (Thougaard m.fl, 2007) även kan förskämma juicer och försämra hållbarheten (Walker, 1999).

3.2 Livsmedels hållbarhet vid kylkonservering

Livsmedelsverkets föreskrifter LIVSFS 2004:27 säger att ”minsta hållbarhetstid (bäst före-dag), är den dag fram till vilken ett livsmedel som förvaras på lämpligt sätt har kvar de särskilda egenskaper som normalt förknippas med livsmedlet”.

Temperaturen är den viktigaste faktorn som orsakar förstörelse av livsmedel (Moss, 2008). Frysförvaring kan användas som en effektiv metod för att bevara livsmedel och många livsmedel förvaras numera i frys.

Frysförvaring har dock tidsbegränsning genom att matens kvalitet försämras även om den inte blir farlig och att tillverkare därför rekommenderar olika frys-lagringstider för olika livsmedel och att hållbarheten kan approximeras för olika livsmedelstyper (Modin & Lindblad, 2011).

Matförsämring uppstår bland annat som ett resultat av kemiska reaktioner orsakade av enzymer som utsöndras av mikroorganismer, och med en minskning av temperaturen leder detta till en minskning av reaktionshastigheten (Moss, 2008; Monroe, 2005). För livsmedel av animaliskt ursprung gäller särskilda temperaturkrav på -18°C , enligt Livsmedelsverket och vid temperaturen kan ett helt fågelkött och mager fisk få en hållbarhet på upp till 18 månader (Modin & Lindblad, 2011). Vid temperatur -18°C , förvaras grönsaker mer än 6 månader (Zhang, m.fl. 2019). Frysmetod och frysförvaringstid har en stor betydelse för livsmedels sensorik. Det finns många nya frysförvaringsmetoder såsom högtrycksfrysning, elektriskt och magnetiskt assisterad frysning, ultraljudsassisterad frysning samt frostskyddsprotein (Zhang, m. fl. 2019). Köttet som frysts i en luftblåsfrys (ABF) hade en högre smakintensitet än köttet som frystes genom andra metoder. Att bevara fisk vid temperaturer mellan -18 och -30°C ökar hållbarheten flera månader jämfört med förvaring över -18°C och där lagringstiden varierar relaterat till fisktyp (WHO, 2012; Bøgh-Sørensen, 2006).

Fördelen med längre hållbarhet är mindre matsvinn genom att mindre livsmedel returneras till tillverkaren och förlängd förvaringstid på säsong grönsaker (Hardin, 2021). Hållbarheten är tid som livsmedel har innan de blir oacceptabla och det kan variera från konsument till konsument och från livsmedel till livsmedel och beroende på förvaringstemperaturer och förvaringssystem.

Branschorganisationer ger olika uppskattning av hållbarhetstid, exempelvis en till två månader för skaldjur, medan upp till två år för frysta grönsaker (Modin & Lindblad, 2011).

Tabell 1. Kylförvaringstemperaturer enligt (EU) 2004/853 (om inte annat anges) och hållbarhet vid frysförvaring (-18°C) för olika livsmedelskategorier

Livsmedel	Kyl förvaringstemperatur	Hållbarhet vid frysförvaring	REF
Grönsaker	0-2, 5-10°C (1)	6-24 mån	Zhang, 2019; Modin & Lindblad, 2011
Mjölk	6°C	3 mån	Arla, 2022

Rött kött	7°C (2)	3-12 mån	Modin & Lindblad, 2011
Vitt kött	4°C (2)	18 mån	Modin & Lindblad, 2011
Fisk	0-3°C	18 mån	Modin & Lindblad, 2011
Skaldjur	0-3°C	1 mån	Modin & Lindblad, 2011

(1) (Modin & Lindblad, 2011).

(2) Malet kött högst 2°C.

3.3 Temperaturökning vid vanliga metoder för upptining

Förordning (EG) nr 852/2004 kapitel IX, punkt 7 i bilaga II anger att upptining ska ske på ett sätt som minimerar tillväxt av mikroorganismer och toxinbildning.

För att kunna konsumera de frysta livsmedlen behövs oftast upptining, vilket i sin tur kräver någon form av energi, vanligtvis värmeenergi. Värmeväxling mellan frysta livsmedel och omgivningen fungerar som drivkraft vilket ger upphov till att livsmedel får värme av omgivningen och detta pågår tills de båda har samma temperatur (Cengel & Ghajar, 2010). När omgivande temperatur är högre blir upptiningstiden kortare, tex upptining i rumstemperatur kräver mellan 4-5 timmar och om det sker i kylskåp blir tiden längre (Andersson och Fridén, 2008; Darnton m.fl., 2011). Dock leder vatten värmen bättre än luft därför är upptining i kallvatten snabbare än upptining i rumstempererad luft trots att temperaturen är högre i luften.

Upptinings metoder varierar mellan snabb upptining exempelvis med mikrovågsugn och långsam upptining exempelvis i rumstempererad luft. Nackdelen med långsamt upptining att det kan ge tillfälle för tillväxt av bakterier och förskämning av livsmedel. Nackdelen med att tina med mikrovågsugn att det kan värma upp livsmedel, så effekten måste vara låg för att inte värma upp livsmedlet. I mikrovågsugn bildas värmen via mikrovågor som värmer livsmedlet inifrån. Det finns flera faktorer som påverkar upptiningshastigheten såsom storleken och vatteninnehållet (Taher & Farid, 2001).

Branschorganisationen Svenskt kött rekommenderar att tina frysta livsmedel i kallt vatten i stället för varmt vatten därför att värmen kan ge tillväxt av mikroorganismer. Kylskåp är säkrare än andra upptiningsmetoder på grund av att temperaturen i kylskåp är låg vilket innebär mindre risk för tillväxt av mikroorganismer (Rosengren, 2017).

Tabell 2. Omgivningstemperatur och tid för olika upptiningsmetoder

Upptiningsmetod	Temperatur/ effekt	Tid	Ref
Kylskåp	4°C	12-24 tim	(Rosengren, 2017)
Rumsförvaring luft	20°C	4-5 tim	(Darnton m.fl., 2011)
Rumsförvaring vatten	10-15°C	3 tim	(Hemmingsson, 2022)
Mikrovågsugn	Lägsta effekt	1-5 min	(Taher & Farid, 2001)

3.4 Temperaturökning vid transport

Enligt *förordning (EU) 2004/853* Bill III kap VII punkt 3 ska kött hålla en temperatur på högst 7°C under hela transporten medan kap V punkt 4 påpekar att kött från fjäderfä måste hålla en temperatur på högst 4°C före transport och behålla denna temperatur under transporten. Köttfärs ska hålla en temperatur på högst 2°C under transporten enligt kap III punkt 2 och lagen anger en temperatur på högst 8°C för mjölk under transport enligt kap II punkt 2.

Transport och lagring hos producenter och distributörer är reglerat av lagar och förordningar och är troligen inte kritisk för livsmedlens kvalitet medan transporten som utförs av konsumenten kan innebära ett riskmoment (Nyberg & Lindqvist, 2017).

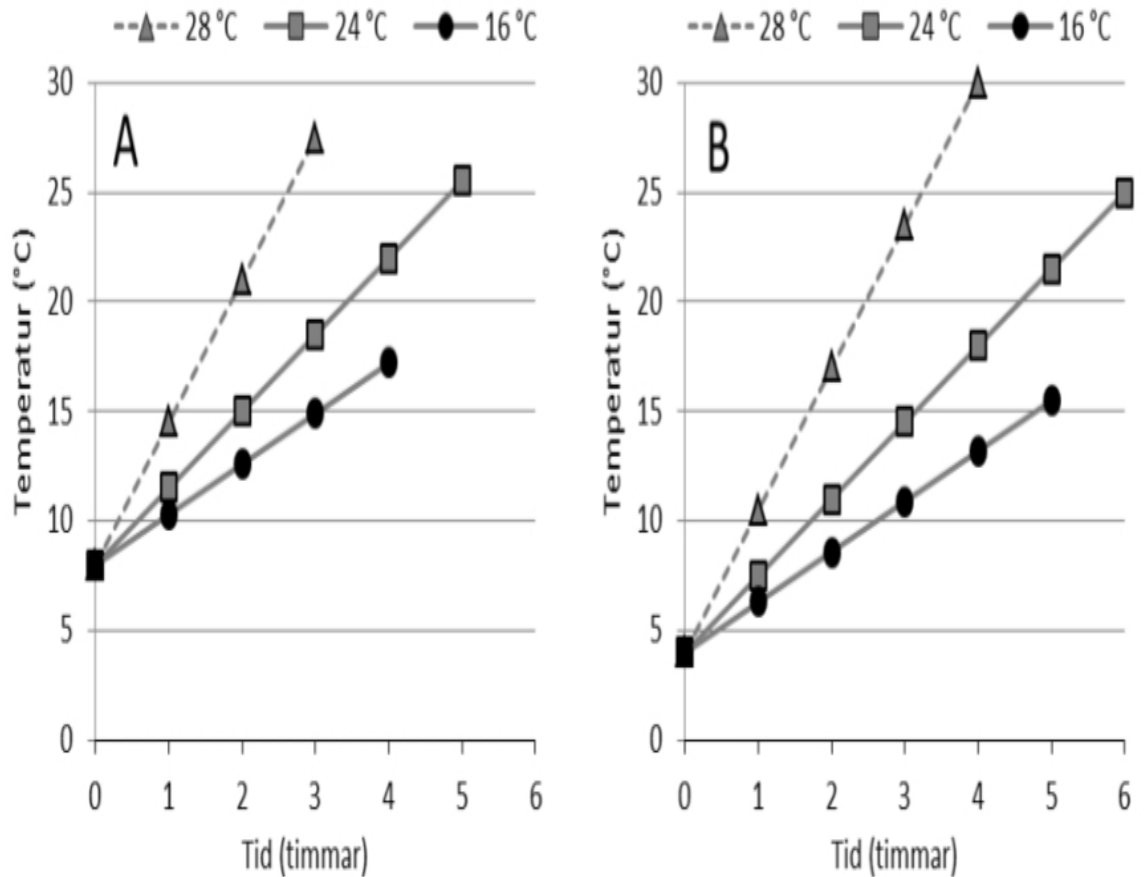
En studie från Livsmedelsverket (Nyberg & Lindqvist, 2017) undersökte hur temperaturen i kylda livsmedel ökar under transporten mellan butiken och hemmet. Temperaturen loggades kontinuerligt i kyld köttfärs och mjölk under 6 timmar förvarade vid höga yttertemperaturer (28 och 24 °C) eller förvarade i en kylväska med en kylklamp (~16 °C). Vid omgivande temperatur 28°C ökade temperaturen i livsmedlen i snitt ca 6.5 °C per timme, medan vid temperaturen 24 °C ökade temperaturen i livsmedlen i snitt ca 3.5°C per timme oavsett livsmedlens starttemperatur (4°C och 8°C), dock varierade temperaturökning per timme med min-max-interval om (5,0-7,6)°C vid 28°C, (2,2-4,5)°C vid 24°C och (1,2-3,4)°C

vid

16°C

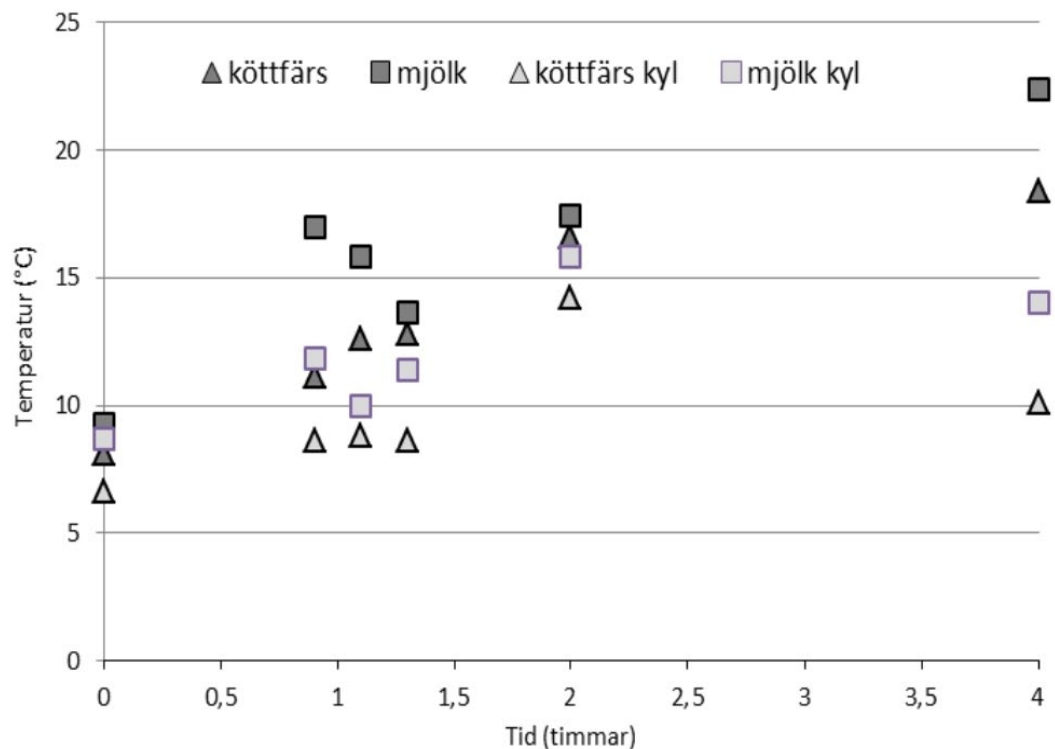
(Figur

1).



Figur 1 A och B enligt livsmedelsverkets rapportserie nr 2 del 2/2017 som visar temperaturökning i köttfärs och mjölk över tid vid tre olika lufttemperaturer, baserade på genomsnittliga linjära temperaturökningar baserade på försöksdata; 28 °C (6,5°C/timme), 24°C (3,5°C/timme) samt 16°C (2,3 °C/timme) med starttemperatur 8°C i figur A och med starttemperatur 4°C i Figur B (Nyberg & Lindqvist, 2017).

Figur 1 visar att temperaturen i livsmedel är beroende yttertemperaturen, så den ökar snabbare i fall det är varmare och tiden för transport avgör hur mycket temperaturen ökar.



Figur 2 enligt livsmedelsverket del 2/2017 uppmätt temperatur i två olika livsmedel (köttfärs=triangel och mjölk=fyrkant) i butiken vid kassan som startar vid tid 0 och mätt efter olika tider med transport i vanlig kasse (mörkgrå symbol) eller i kylväska (ljusgrå symbol) (Nyberg & Lindqvist, 2017).

I en liknande studie (Nyberg & Lindqvist, 2017) har mjölk och köttfärs transporterats i en vanlig kasse eller i en kylväska med kylklamp. Här kan man se att temperaturen efter 4 timmar har ändrats för båda livsmedel och transportsätt, men att ändring är långsammare i kylväska. Detta relaterade till att yttemperaturen skiljer sig åt, då det är mer kallt i kylväskan och den låg på cirka 16 °C medan omgivande temperatur utan frysväska låg på 25°C.

3.4.1 Mikroorganismer som kan växa upp vid upptining

Tillväxten av mikroorganismer under upptining är beroende på flera faktorer såsom vilka temperaturer livsmedlen (eller delar av dem) uppnår och tiden som upptiningen sker, samt hur lång tid och under vilka betingelser som livsmedlet förvaras mellan upptining och tillagning/konsumtion (Nyberg & Lindqvist, 2017). Livsmedel tinas i kallt vatten för att förhindra att livsmedlet når rumstemperatur, dock kan detta ändå ge möjlighet för tillväxt av några apatogena bakterier och några patogena såsom *Listeria monocytogenes* och *Yersinia enterocolitica* på grund av att dessa patogener har förmåga att tillväxa vid låga temperaturer, medan tillväxt av de andra mikroorganismer sker mycket långsamt eller hindras. Upptiningen i kylskåp tar längre tid än andra upptiningsmetoder och under den tiden börjar tillväxt

av några förskämningsbakterier såsom *Pseudomonas spp.* om livsmedel är kontaminerad med den. Om livsmedel är kontaminerade med salmonella och tinas upp i kylskåpet öka inte salmonellhalten eftersom den kräver en temperatur på högre än 8°C för att tillväxa.

Vid större volym tar det längre tid för hela livsmedlet att tina, med risk för uppvärmning av yttre delar till sådana temperaturer att bakterier kan tillväxa. Dock så beror det på vilken temperatur yttre delar får och detta beror på sättet att tina. Ingham m. fl. (1998) genomförde ett försök i USA och upptäckte att sjukdomsframkallande bakterier i ett halv kilo köttfärs behöver 9 timmar lagtid i rumstemperatur (ungefär 22°C) för att börja föröka sig, medan sjukdomsframkallande bakterier i en hel fryst kyckling började föröka sig efter 14 timmar i samma temperatur.

Nyberg & Lindqvist, (2017) beräknade (baserade på tillväxtförsök i buljong), antalet bakterier efter två timmar tillväxt i 20, 25 och 30 °C med antagandet att det endast funnits en bakterie i det ursprungliga livsmedlet och ingen hänsyn tagen till lagtid (tabell 3). Vid förvaringstemperatur (20-25°C) kan bakterierna tillväxa mellan 0.3-1.5 log10 efter två timmar medan vid (30°C) bakterierna kan tillväxa mellan 1-2 log10 på två timmar, beroende på art (Tabell 3).

Tabell 3. Antalet bakterier (log10) i livsmedel efter 2 timmar vid tre olika förvaringstemperaturer för ett urval av livsmedelsburna patogener.

	20 °C	25°C	30°C
<i>Bacillus cereus</i>	0,6	1,2	2,0
<i>Clostridium botulinum</i>	1,2	1,5	1,2
<i>Clostridium perfringens</i>	0,3	0,6	1,0
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,4	0,7	1,0
<i>Salmonella spp.</i>	0,5	1,0	1,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,4	0,7	1,0
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,5	0,7	0,9

Gill och Philips har gjort ett försök om temperaturinverkan under transport på tillväxthastigheten hos psykrotrofa pseudomonader (James, m.fl. 2006). De utförde försöket genom att mäta temperatur i nötkött på både inre vävnader och på yttre vävnader som transporterades med järnväg med väg från västra Nordamerika till marknader i östra delen av kontinenten. De valde tre partier att övervaka. Nötkött transporterades under varierande tid mellan 4–7 dagar och de beräknade att tillväxt av psykrotrofa pseudomonader varierade mellan 8 och 20 generation (James, m.fl. 2006).

För att få en uppfattning om tillväxthastighet i antalet bakterier som kan förväntas förekomma i kylda livsmedel under transporten mellan butiken och hemmet under en bestämd tid en till sex timmar och bestämd temperatur (4, 8, 15, 20)°C, figur 3 visar att skillnaden är relaterad till temperaturen, tiden och vilken art (Nyberg & Lindqvist, 2017). Under första timmen kan noteras att skillnaden är

försumbar mellan temperaturerna men efter tre timmar blir log-koncentrationen två till tre gånger högre vid temperaturer 20°C jämförelsevis med 15°C och det gäller för alla arter förutom *C. botulinum* som har visat tio gånger högre koncentration (Figur 2).

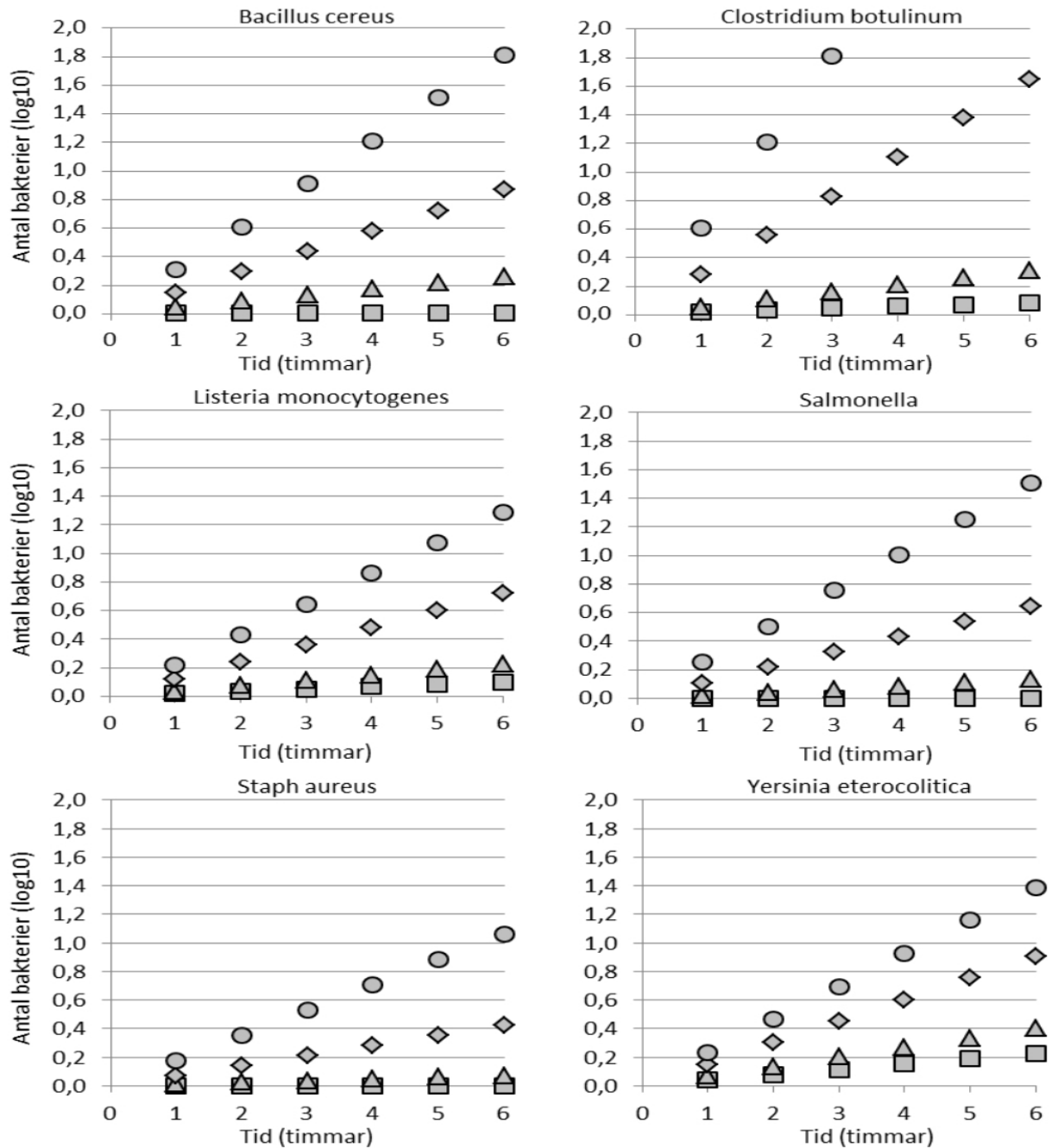


Figure 3 som visar tillväxthastigheten vid fyra olika temperaturer och visar antal bakterie som växt till över tid. Temperaturerna som använts är ■ = 4°C, ▲ = 8°C, ◆ = 15°C och ● = 20°C (Nyberg & Lindqvist, 2017).

4. Diskussion

4.1 Diskussion av resultaten

Rekommendationer för kylning och frysning

Hållbarheten vid frysförvaring varierar mellan livsmedelskategori och beror på förvaringstemperaturer och livsmedlets egenskaper (tabell 1). Den anges som ett intervall månad tex 6–24 mån hos grönsaker (Zhang, 2019; Modin & Lindblad, 2011) och en månad hos skaldjur (Modin & Lindblad, 2011). Dessa skillnader i hållbarhetstid kan först och främst förklaras av typen av livsmedel då det är längre för magra än för feta livsmedel.

Det rekommenderas olika temperaturer för kylförvaring beroende på produktkategori (frukt, grönsaker, kött, fisk osv.). Om man till exempel jämför temperaturen för kylförvaring av rött kött och köttfärs kan man se att den är högre för det förstnämnda än för det sistnämnda, dvs. 7°C respektive 2°C (tabell 1). Detta beror på att de enzymatiska reaktionerna i malet kött sker snabbare och i högre takt än i helt rött kött (Modin & Lindblad, 2011). På rött kött befinner bakterierna på ytan medan i det malda köttet finns mikroorganismerna överallt. Mikroorganismerna växer och förökar sig alltså snabbare i malet kött, som därför måste lagras vid en mycket lägre temperatur.

Som Modin & Lindblad (2011) visat, bromsar eller till och med stoppar låg temperatur vid frysförvaring olika processer för försämring av livsmedel, inklusive tillväx av bakterier, jäst och mögel (Modin & Lindblad, 2011). Följaktligen kan hållbarheten för livsmedelsprodukter förlängas med lägre temperatur vid frysförvaring. Dock, om temperaturrekommendationer utfärdas av Europeiska kommissionen eller Livsmedelsverket är det också av energihushållningsskäl. Om man till exempel tar hänsyn till grönsaker, som enligt tabell 1 rekommenderas förvaring i kylskåp mellan 5-10 °C eller mellan 0-2 °C, är det bättre att förvara dem vid 5°C därför att det skulle vara en kompromiss mellan hållbarhet och energi användning samt det finns vissa grönsaker klarar inte för kallt temperatur. Även om en lägre temperatur skulle fungera korrekt och skulle minska ämnesomsättningen skulle det också kräva ytterligare energiförbrukning (Modin & Lindblad, 2011). Å andra sidan kan en alltför låg temperatur också orsaka skador på produkterna, såsom köldskador eller sprickor, och göra maten mer torr. Detta förklarar därför ytterligare behovet av sådana temperatur-rekommendationer för att vägleda konsumenten och undvika problem med hållbarheten.

När det gäller om den längre hållbarheten hos frysta livsmedel (tabell 1, kan den motiveras av att de extremt låga temperaturerna, under 0°C, helt stoppar mikroorganismernas tillväxt (Zhang, et al. 2019; Modin & Lindblad, 2011). Som Modin & Lindblad (2011) påpekar finns det dock nackdelar med frysning, såsom

att maten blir styvare och torrare på grund av vattenförlust. Ett sätt att minimera detta fenomen är att frysa in livsmedel i sin originalförpackning eller att använda lämpliga fryspåsar och lådor för att bevara livsmedlet. Samma metod kan också tillämpas på livsmedel som förvaras i kylskåpet, särskilt i de kallaste delarna av kylskåpet, för att minska vattenförluster och bevara livsmedlet i sitt ursprungliga skick så länge som möjligt (Modin & Lindblad, 2011).

Transport av livsmedel: Förslag till konsumenten

Det verkar att huvudproblemet när det gäller livsmedelskonservering mer exakt ligger i hur konsumenten hanterar dessa produkter. Förutom det sätt på vilket livsmedlen förvaras i konsumentens hem kan problem uppstå i samband med hur livsmedlen transporteras från snabbköpet till konsumentens hem. Som tidigare konstaterats i resultaten finns det bestämmelser som styr hur livsmedel produceras och distribueras av industrier i EU. Lagstiftning Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2004/852 av den 29 april 2004 om livsmedelshygien gäller för samtliga aktörer i kylkedjan. Lagen betonar att livsmedelsföretagarna och distributörer är ansvariga för obruten kylkedja. Kylförvaring är reglerat för producenter och distributörer men att konsumentens hantering kan innebära risk för tillväxt tex vid transport och upptining. Det är klart att det står på varje förpackning information om hållbarheten efter öppning och instruktioner men det saknas information om rätt transport och upptining.

Därför kan man föreslå flera åtgärder för konsumenterna, t.ex. användning av termopåsar eller kylboxar för att bättre skydda frysta produkter under transporten från snabbköpet till hemmet. Detta bidrar till att upprätthålla kylkedjan och se till att produkten inte tinas upp innan den kommer hem och läggs i frysen. En annan rekommendation är att aldrig återfrysa en produkt som tinats upp under transporten till hemmet, särskilt om det är fryst kött eller fisk. Vi kan också råda konsumenten att placera sina matkassar i bilens bagageutrymme, väl i skuggan av solen och inte på baksätet där värmen har större chans att nå frysta och färska produkter. När konsumenten är hemma måste han eller hon omedelbart förvara de färska och frysta produkterna i kylskåpet och/eller frysen för att undvika att bakterier eller mögel utvecklas. Slutligen skulle man också kunna ge några råd om inköpsprocessen och själva shoppingen när kunden befinner sig i snabbköpet. Det är nämligen bättre att börja med att köpa de torra varorna först och sedan köpa de färska och frysta varorna sist för att bevara kylkedjan och produkternas färskhet tills de kommer hem. När konsumenten handlar i flera butiker måste han eller hon se till att inte lämna sina matvaror i bilen för länge och försöka organisera sin shoppingdag efter vilken typ av produkt han eller hon vill köpa och hålla samma ordning som nämns ovan.

Detta innebär därmed att det är främst konsumenten som är den största risken när det gäller oavsiktlig uppvärmning vid transport av livsmedel, eftersom denne inte

har samma möjligheter och kapacitet att kylförvara färska och frysta livsmedel i sitt fordon. Därför finns det en större risk för tillväxt av mikroorganismer och fördärv av livsmedel från det ögonblick då de köps. Som tidigare visats kan dock flera lösningar och metoder användas för att undvika tillväxt av mikroorganismer i livsmedel, särskilt genom att respektera de rekommenderade temperaturerna för förvaring av livsmedel i kylskåp och frysa i hemmet, eller genom att se till att kylkedjan upprätthålls när livsmedlen transporteras från distributionsstället till konsumentens hem.

Upptiningsprocesser

Enligt tabell 2 kan man konstatera att matens upptiningstid minskar när omgivningstemperaturen ökar. Till exempel kräver upptining i ett kylskåp vid 4°C 12-24 timmar (Rosengren, 2017) medan upptining i omgivande lagringsvatten 10-15 °C kräver 3 timmar (Hemmingsson, 2022). Dessutom beror denna minskning av upptining tiden inte bara på omgivningstemperaturen utan även på vilken upptiningsmetod som används. Beroende på om ett livsmedel tinas upp i kylskåp eller i mikrovågsugn kommer till exempel den tid som behövs för att nå upptiningen att vara olika lång. Den första metoden innebär en progressiv ökning av temperaturen som gradvis leder till att produkten tinas upp, medan mikrovågsugnen har en mer omedelbar effekt. Faktum är att avfrostningsprogrammet i en mikrovågsugn fungerar genom att växla perioder av vågutsändning med perioder av pauser för att möjliggöra en homogenisering av temperaturen i den berörda livsmedelsprodukten (Hoover, 2020). Den här processen, som också kallas avfrostning genom bestrålning, är därför mycket snabbare än andra upptiningsmetoder eftersom den bygger på en exponering av en viss mängd vågor under en specifik period.

Upptining i kylskåp är dock fortfarande säkrare än andra upptiningsmetoder eftersom temperaturen aldrig överskrider kylskåpets temperatur, vilket innebär mindre risk för tillväxt av mikroorganismer (Rosengren, 2017). På grundval av ovanstående information kan man konstatera att det finns ett tydligt samband mellan att sänka temperaturen och minska tillväxten av mikroorganismer i livsmedel. De kallare temperaturerna gör det möjligt att bromsa och blockera bakterietillväxten, men när temperaturen stiger kan mikroorganismerna växa igen, vilket visar att temperaturen spelar en viktig roll. Flera andra faktorer än upptiningsmetod påverkar också upptiningshastigheten, t.ex. storlek på livsmedlet och vattenhalt (Taher & Farid, 2001). Om man använder upptining i kallt vatten så hålls temperaturen mellan 10-15°C och om man tinar upp i kylskåp hålls temperaturen vid 4°C vilket innebär nästan ingen risk. Men om konsumenten använder upptining i rumstemperatur och det är väldigt varmt så kan finnas en risk för tillväxt av mikroorganismer vid upptining, resultaten i tabell 3 visar att bakterier kan växa mellan 0.3-1.5 log₁₀ efter två timmar vid 20-25°C.

Hantera temperaturen på livsmedel som konsument

Figur 3 visar att tillväxten av bakterier under transport är relaterad till temperaturer, tiden och vilken art. Studien visar efter tre timmar blir antalet bakterier två till tre gånger högre vid temperaturer 20°C jämfört med vid 15°C och det gäller för alla arter förutom *C.botulinum* som har tio gånger högre antal (Nyberg & Lindqvist, 2017). Det rekommenderar konsumenten att ta hänsyn till temperatur och tid under transport för en säker livsmedelshantering.

Studien visar att olika bakterier har olika infektionsdosen exempelvis *Bacillus cereus* behöver 10^5 *Bacillus cereus* per gram livsmedel för att vålla sjukdom medan, *Listeria monocytogenes* behöver 100 per gram livsmedel för att vålla sjukdom ifall man är immunosupprimerad, gravid eller känslig på annat sätt, dock tål de flesta betydligt högre halter innan de blir sjuka. För att en bli sjuk beror det på infektionsdosen och immunförsvaret. Det är viktigt att känna till mikroorganismer och vilken fara kan de orsaka exempelvis *Listeria monocytogenes* har en hög mortalitet i fall den drabbar äldre och immunsvaga individer. Och den kan vara orsak till missfall om den drabbar en gravid (Thougaard, m.fl 2007).

Tillväxt av olika mikroorganismer i livsmedel innebär olika risk, vissa bakterier utför ingen fara för mänskligt hälsa utan förskämmer livsmedel, exempelvis *psykrotrofa* mikroorganismer.

Om det finns inte plats i kylväska för alla livsmedel så skulle man prioritera kött därför att tillväxten av mikroorganismer i kött är högre än tillväxten i färska grönsaker och frukt på grund av det finns mer åtkomlig näring i kött cell.

Om det skett bakteriell tillväxt i ett livsmedel beror risken även på den fortsatta hanteringen, tex. beroende på hur livsmedel tillagas kan det innebära olika risker. Många bakterier dör vid höga temperaturer och det är därför viktigt att höga temperaturer hålls vid bland annat stekning av köttfärs. Otillräcklig värme kan öka risken för matförgiftning. Vissa bakterier är toxinbildande och även om bakterierna dör vid höga temperaturer kommer toxinet att finnas kvar och orsaka sjukdom. Snabb nedkylning av vissa livsmedel är viktigt för att bakterierna inte ska växa tillbaka efter att ha befunnit sig i sporform.

5. Slutsatser

Det går att dra ett antal slutsatser av detta examensarbete. De mest framträdande presenteras nedan :

- Bakterietillväxt i livsmedel kan leda till infektion men också till matförgiftning från toxiner som kan vara värmetåliga och som kan finnas kvar även om livsmedel kokat upp tex. *Bacillus cereus* toxin.
- Lagstiftning och regler säkerställer kylförvaring för producenter och distributörer av livsmedel medan konsumentens hantering tex. vid transport kan utgöra risk för tillväxt av mikroorganismer.
- Upptining i kallt vatten rekommenderas därför att det är snabbt och samtidigt håller temperaturen lägre än rumstemperatur.
- Bakterier med låg infektionsdos utgör större risk genom att de kan behöva kortare tid i värme för att nå infektionsdosen.
- Vissa individer kan vara extra känsliga exempelvis gravida och immunförsvagade för tex. *Listeria monocytogenes* och därför de bör vara försiktiga när de äter ätfärdiga livsmedel.
- Hållbarheten kan för frysta livsmedelsprodukter kan förlängas med lägre temperatur än -18°C vid frysförvaring. Varje grad lägre temperatur innebär högre energibrukning och det är avvägning mellan hållbarhet och energi förbrukning.
- Organismer som kan tillväxa i kylskåpstemperatur är främst förskämning-organismer och bara ett fåtal patogener.

Referenser

- Adams, M. R., & Moss, M. O. (2008;2007;). *Food microbiology* (3rd ed.). RSC Publishing.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2006). *Thermal Properties of Foods. Thermal properties of foods*. Retrieved from <https://www.ashrae.org/advertising/handbook-advertising/refrigeration/thermal-properties-of-foods>.
- Andersson, L.-M., Eriksson, M., Fraenkel, C.-J., Gebring, E., Hedin, G., & Hedlund, K.-O. (2012). (rep.). *Vinterkräksjuka i vården: Kunskapsunderlag för att minska spridningen av norovirus*. Smittskyddsinstitutet. Retrieved from <https://gotland.se/70120>.
- Andersson, A., Fridén, A. (2008). *Klimatet - en ödesfråga?* Stockholm: Natur och Kultur.
- Arla. (2022). *Så länge håller mjölken*. Retrieved from <https://www.arla.se/recept/inspiration/matsvinn/hallbarhet-mejeriprodukter/>.
- Aziz, A. A., Daud, S., Sorooshian, S., Handelshögskolan, Department of Business Administration, Goteborgs universitet, Företagsekonomiska institutionen, Gothenburg University, & School of Business, Economics, and Law. (2019). Exploring quality influencing factors for frozen food industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 697, 697(1), 12018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/697/1/012018>.
- Björkgren, A., & Eriksson Sjöqvist, E. (2017). *Sänkt temperatur i kylkedjan : Konsekvenser för transportbranschen* (Dissertation). Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hb:diva-14911>.
- Bøgh-Sørensen. B. (2006). Recommendations for the processing and handling of frozen foods. *International Institute of Refrigeration*, (4th ed.). IIF-IIR.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2015). *Heat and mass transfer: Fundamentals & applications*. McGraw-Hill Education.
- Darnton, A, Verplanken, B, White, P and Whitmarsh, L (2011). *Habits, Routines and Sustainable Lifestyles: A summary report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs*. AD Research & Analysis for Defra, London. [Elektronisk]. Tillgänglig: [file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/HabitsRoutinesSustainableLifestylesEVO502FinalSummaryReportNov2011\(2\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/HabitsRoutinesSustainableLifestylesEVO502FinalSummaryReportNov2011(2).pdf).
- Ekman, H. (2003). *Bakteriella virulensfaktorer : studie kring adhesiva egenskaper hos Plesiomonas shigelloides*. (Dissertation). SLU, Dept. of Microbiology. Retrieved from <https://stud.epsilon.slu.se/11207/>.
- Europeiska gemenskapernas officiella tidning. (2004). (rep.). *Europaparlamentets och rådets förordning om Livsmedelshygien*. Retrieved from

<https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0852:20090420:SV:PDF>.

- Europeiska gemenskapernas officiella tidning. (2004). (rep.). *Europaparlamentets och rådets förordning om fastställande av särskilda hygienregler för livsmedel av animaliskt ursprung*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853&from=GA>.
- Hardin, M. D. (2021). Food safety factors determining shelf life. *Food safety and quality-based shelf life of perishable foods* (pp. 27-40). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54375-4_2.
- Hasso, A. (2016). Köpa fryst eller färskt livsmedel : *En studie om hur svinn i konsumentled påverkar energi- och klimatanalysen* (Dissertation). Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-46880>.
- Hemmingsson, E. (2022). *Hur lång tid tar det att tina kött?* Retrieved from <https://recept.se/artikel/hur-lang-tid-tar-det-att-tina-kott>.
- How does the microwave oven's defrosting function work? Hoover. (2020). Retrieved July 4, 2022, from https://www.hoover.co.uk/en_GB/blog/-/post/tips-to-defrosting-with-the-microwave-oven.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). (1996). *Microorganisms in Foods 5-Microbiological specifications of food pathogens*. Blackie Academic & Professional.
- James, S. J., James, C., & Evans, J. A. (2006). Modelling of food transportation systems – a review. *International Journal of Refrigeration*, 29(6), 947-957. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2006.03.017>.
- Johansson, P., Döme, A., Krause, H., Holmberg, L., Sundback, O., Lang, A., Larsson, M., Nilsson, J., Niemi, B., Hedström, P., & Bylund, M. (2021). (rep.). *Branschriktlinje rätt temperatur under lagring och transport för kylda och frysta livsmedel*. Svensk Dagligvaruhandel. Retrieved from https://www.svenskdagligvaruhandel.se/wpcontent/uploads/BRL.Ratt_temperatur.lagringochtransport.kyldaochfrysta.livsmedel.pdf.
- Johnson, E. A. (2001). Clostridium botulinum. In M. P. Doyle, L. R. Beuchat & T. Montville (Eds.), *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers* (pp. 329–349). ASM Press.
- Koutsoumanis, K. P., & Sofos, J. N. (2005). Effect of inoculum size on the combined temperature, pH and aw limits for growth of listeria monocytogenes. *International Journal of Food Microbiology*, 104(1), 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.01.010>.
- Lampel, K. A., Al-Khaldi, S., & Cahill, S. M. (2012). *Bad bug book: Handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins* (2nd ed.). Department of Health and Human Services, U. S. Food And Drug Administration (FDA).
- Lindberg, S. (2015). *Lägre förvaringstemperatur för kylda livsmedel: En väg mot ökad hållbarhet och minskat matsvinn I Butiker?* (Dissertation). SLU, Dept. of Food Science. Retrieved from <https://stud.epsilon.slu.se/8632/>.

- Livsmedelsverket. (n.d.). *Konserveringsmedel*. Retrieved from <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/konserveringsmedel>.
- Livsmedelsverket. (2022). *Temperatur*. Retrieved from <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/349/temperatur>.
- LIVSFS 2004:27. *Livsmedelsverkets föreskrifter om märkning och presentation av livsmedel*. Retrieved from <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/livsmedelsinfo-till-konsum---markning/livsfs-2004-27.pdf>.
- LIVSFS 2006:12. *Livsmedelsverkets föreskrifter om djupfrysta livsmedel*. Retrieved from <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/omoss/lagstiftning/livsmedelshygien/livsfs-2006-12.pdf>.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Parker, J., & Brock, T. D. (2002). *Brock biology of microorganisms* (10th ed.). Pearson Education.
- Marth, E.H. (1998). Extended shelf life refrigerated foods : Microbiological quality and safety. *Food Technology*, 52, 57-62.
- McMeekin, T., Bowman, J., McQuestin, O., Mellefont, L., Ross, T., & Tamplin, M. (2008). The future of predictive microbiology: Strategic research, innovative applications and great expectations. *International Journal of Food Microbiology*, 128(1), 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.06.026>.
- Modin, R., Lindblad, M. (2011). (rep.). *Förvara maten rätt så håller den längre – vetenskapligt underlag om optimal förvaring av livsmedel*. Livsmedelsverket. Retrieved from https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2011/2011_livsmedelsverket_20_forvaring_och_hallbarhet.pdf.
- Nyberg, K., Lindqvist, R. (2017). (rep.). *Tillväxt av bakterier under avsvälning, förvaring och upptining: Riskvärderingsrapport*. Livsmedelsverket. Retrieved from https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2017/riskvarderingsrapp_ort-tillvaxt-av-sjukdomsframkallande-bakterier-under-avsvalning-forvaring-och-upptining-livsmedelsverkets-rapportserie-2-2017-del-2.pdf.
- Nyberg, K., Lindqvist, R. (2018). (rep.). *Tillväxt av Bacillus cereus och Clostridium perfringens i livsmedel under avsvälning*. Livsmedelsverket. Retrieved from <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2018/2018-nr-15-tillvaxt-av-bacillus-cereus-och-clostridium-perfringens-under-avsvalning.pdf>.
- Reid, D., Kotte, K., Kilmartin, P., & Young, M. (2003). A new method for accelerated shelf-life prediction for frozen foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(10), 1018-1021. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1431>.
- Rosengren, Å. (2017). (rep.). *Tillväxt av bakterier under avsvälning, förvaring och upptining*. Livsmedelsverket. Retrieved from <https://www.livsmedelsverket.se/om-oss/publikationer/sokpublikationer/artiklar/2017/2017-nr-2-del-1-tillvaxt-av-bakterier-vid-avsvalning-forvaring-och-upptining-riskhanteringsrapport>.

- Sage, J. R., & Ingham, S. C. (1998). Survival of Escherichia coli O157:H7 after freezing and thawing in ground beef patties. *Journal of Food Protection*, 61(9), 1181-1183. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-61.9.1181>.
- Stellingwerf, H. M., Kanellopoulos, A., van der Vorst, Jack G.A.J, & Bloemhof, J. M. (2018). Reducing CO2 emissions in temperature-controlled road transportation using the LDVRP model. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 58, 80-93. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.11.008>.
- Smith, D., & Sparks, L. (2004;2003;). Temperature controlled supply chains. In M. A. Bourlakis, & P. W. H. Weightman (Eds.), *Food supply chain management* (pp. 1-1). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470995556.ch12>.
- Taher, B. J., & Farid, M. M. (2001). Cyclic microwave thawing of frozen meat: Experimental and theoretical investigation. *Chemical Engineering and Processing*, 40(4), 379-389. [https://doi.org/10.1016/S0255-2701\(01\)00118-0](https://doi.org/10.1016/S0255-2701(01)00118-0).
- Thougaard, H., Varlund, V., Møller Madsen, R., & Blücher, A. (2007). *Grundläggande mikrobiologi med livsmedelsapplikationer* (2., uppdaterade och utök. uppl. ed.). Studentlitteratur.
- Walker, S.J. (1988), Major spoilage micro-organisms in milk and dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 41, 91-92. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.1988.tb00606.x>.
- Zhan, X., Sun, D., Zhu, Z., & Wang, Q. (2018). Improving the quality and safety of frozen muscle foods by emerging freezing technologies: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(17), 2925-2938. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1345854>.
- Zhan, X., Zhu, Z., & Sun, D. (2019). Effects of pre-treatments on quality attributes of long-term deep-frozen storage of vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(5), 743-757. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496900>.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Frysning och andra konserveringsmetoder har använts med framgång under årens lopp för att förlänga livsmedels hållbarhetstid, men det finns ibland mikroorganismer på livsmedel som kan växa till mängder som kan leda till sjukdom och utgöra problem för individers hälsa eller så kan de förskämma livsmedel, dvs göra så att livsmedlet inte smakar gott eller ser annorlunda ut.

Mitt examensarbete undersökte temperaturens inverkan på olika mikroorganismer som finns på frysta livsmedel. Målet var att identifiera vilka mikroorganismer som kan finnas på och växa till under nedkylning, och upptining, samt under transporten till konsumenten.

Metoden var en litteraturstudie som använde vetenskapliga publikationer, lagstiftning och Livsmedelsverket som källor.

Mikroorganismer som en inte vill ha i maten kan vara förskämningsoorganismer eller sjukdomsframkallande mikroorganismer.

Förskämning mikroorganismer kan förstöra livsmedel genom att förändra smak och lukt hos livsmedel och försämra hållbarheten. Förskämningsoorganismer är inte skadliga för mänskligt hälsa utan förskämma livsmedel.

Sjukdomsframkallande bakterier kan orsaka sjukdom genom att ger infektioner eller ger matförgiftning, , dvs. de har bildat gift då de vuxit till i maten vi äter.

Studien visar att kylförvaring är reglerat för producenter och distributörer men att konsumentens hantering kan innebära risk för tillväxt tex vid transport och upptining.

Resultaten visar på att vid infrysning, transport och tining finns det en risk att temperaturen kan vara gynnsam för tillväxt av bakterier och svampar. Sådan tillväxt kan påverka livsmedlets kvalitet och hållbarheten men kan även utgöra fara för konsumenten.

För att undvika tillväxt av mikroorganismer kan konsumenten exempelvis att ha kylväska när de handlar livsmedel.

Av olika upptinings metoder rekommenderas upptining i kallt vatten därför att det går snabbt och samtidigt hålles temperaturen lägre än rumstemperatur.

Förskämningsoorganismer kan försämra hållbarheten och växa till även under kylförvaring så om man vill bromsa tillväxten av organismer och förlänga hållbarheten bör man sänka förvaringstemperaturen.

Hållbarheten kan för frysta livsmedelsprodukter kan förlängas med lägre temperatur än -18°C vid frysförvaring. Varje grad lägre temperatur innebär högre energiförbrukning så det krävs en avvägning mellan hållbarhet och energiförbrukning.

Tack

Jag skulle vilja börja med att rikta ett stort tack till min interna handledare Annika Nordin (Institutionen för energi och teknik i SLU, Uppsala) för goda råd och värdefulla synpunkter, och även jag vill rikta ett stort tack till min externa handledare Jaafar Khaled (Doktorand i fysiologi, Institutionen för medicinsk cellbiologi, Uppsala universitet) för goda råd och stöttning. Till min älskade fru, som uppmuntrade och stödde mig varje steg på vägen. Till min familj som har skött om mig med sin kärlek och tillgivenhet och har uppmuntrat mig på vägen.

Almohannad Alahmad, 24 Maj Karlskrona.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.