



# Rapport

Hygiejneberedskab

Generisk risikovurdering ved produktion af sous vide

Anette Granly Koch

13. juni 2019  
Proj.nr. 2007044  
Version 2  
AGLK/MT

## Formål

### Sammendrag

Formålet med denne rapport er at udarbejde en generisk vurdering af mikrobielle risici ved fremstilling og lagring af sous vide-produkter. Den nødvendige varmebehandling (tid/temperatur) vurderes i relation til den efterfølgende kølelagring (tid/temperatur).

Vurderingen omhandler ikke risikoen for fordærv som følge af overlevende bakterier, fx enterococcer, der tidligere har været årsag til fordærv/for høje kimtal i kogte kødprodukter. Enterococcer er mere varme-resistente end *L. monocytogenes*. Ligeledes indgår vurderingen af non-patogene clostridier og bacillus, som evt. kan fordærve produkterne, heller ikke.

## Konklusion

Sikker varmebehandling skal ses i relation til den ønskede opbevaring under distribution. Både *L. monocytogenes* og sporedannende bakterier skal håndteres. Enten skal de inaktiveres med 6-7 log, eller også skal deres vækst under lagring undgås.

Sporer fra *Clostridium* sp. og *Bacillus* sp. inaktiveres først ved temperaturer over 90°C (psykrotrofe arter) eller ved temperaturer over 100°C (mesofile arter).

Derfor skal produkter, der er varmebehandlet til under 75°C, opbevares på en sådan måde, at vækst af disse bakterier undgås.

Både *B. cereus* og *C. botulinum* kan opformeres ved 5°C, som er den almindeligt anvendte opbevaringstemperatur i Danmark.

Anbefalingen for at undgå vækst af *C. botulinum* og *B. cereus* er:

- Opbevaring under 8°C i maks. 10 dage
- Opbevaring under 3°C.
- Tilsætning af fx salt, laktat og nitrit i en kombination, som hindrer vækst ved fx 5°C.

Hvis *L. monocytogenes* overlever varmebehandlingen, kan den opformeres i produkter, som lagres ved både 5°C og 3°C. *L. monocytogenes* kan vokse helt ned til 1°C.

Den ønskede holdbarhedstid og opbevaringstemperatur af det varmebehandlede produkt er afgørende for den nødvendige varmebehandling.

#### Frostlagring eller maks. 5 dages opbevaring under 8°C

- 1-4 log reduktion er nok, da antallet af *L. monocytogenes* i friske kød-råvarer er lavt (<100 cfu/g)
- Ingen kritisk vækst af *C. botulinum*

#### Kølelagring ved 5°C i op til 10 dage

- Der kræves to varmebehandlinger, som hver sikrer 3-4 log reduktion af de mest varmeresistente *L. monocytogenes*. Det er fx 60°C i 42-56 minutter før køl og igen før servering. Årsagen er, at *L. monocytogenes* kan vokse i produktet under 10 dages opbevaring ved 5°C.
- Eller produktet varmebehandles, så der opnås 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*. Herved hindres, at der er overlevende listeria i produkterne, som kan vokse frem.
- Ingen kritisk vækst af *C. botulinum*

#### Kølelagring ved 3-5°C i op til 30 dage

- Der kræves en 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*, da overlevende celler vil kunne opformeres til høje niveauer under lagring i fx 30 dage.
- Hvis varmebehandlingen giver under 6 log reduktion, skal produktet stabiliseres mod vækst af *L. monocytogenes*. Det kan ske ved forskellige kombinationer af pH, salt, laktat og acetat.
- Ved temperaturer over 3°C er der risiko for kritisk vækst af *C. botulinum*.

#### Kølelagring ved 0-2°C i op til 90 dage

- Ved 0°C er produktet stabiliseret mod vækst af *C. botulinum*, *B. cereus* og *L. monocytogenes*.
- Ved 1°C og 2°C kræves en 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*, da overlevende celler vil kunne opformeres til høje niveauer under lagring i fx 30 dage.
- Hvis varmebehandlingen giver under 6 log reduktion, skal produktet stabiliseres mod vækst af *L. monocytogenes*. Det kan ske ved forskellige kombinationer af pH, salt, laktat og acetat.

For at undgå vækst af overlevende sporer eller *L. monocytogenes* i sous vide-behandlede fødevarer er det sikre valg, at produkterne opbevares på frost eller maks. 10 dage ved maks. 5°C, før de anvendes. Prædiktioner viser, at *L. monocytogenes* kan vokse med knap 1 log på 5 dage og 3 log på 10 dage. Der er derfor krav om, at den efterfølgende varmebehandling sikrer 1-2 log drab af *Listeria*, inden produktet spises. *C. botulinum* vil ikke vokse under 10 dages opbevaring ved 5°C.

Ønskes længere holdbarheder ved opbevaring ved fx 1-3°C, hindres vækst af *C. botulinum* og *B. cereus*, MEN overlevende *L. monocytogenes* vil kunne vokse frem. Derfor skal den anvendte varmebehandling sikre 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes* eller en kombination af konservering, som hindrer vækst af *L. monocytogenes*.

<p><i>Formål</i></p>	<p><b>Indledning</b></p> <p>Formålet med denne rapport er at udarbejde en generisk vurdering af mikrobielle risici ved fremstilling og lagring af sous vide-produkter. Den nødvendige varmebehandling (tid/temperatur) vurderes i relation til den efterfølgende kølelagring (tid/temperatur).</p> <p>Vurderingen omhandler ikke risikoen for fordærv som følge af overlevende bakterier, fx enterococcer, som tidligere har været årsag til fordærv/for høje kimtal i kogte kødprodukter. Enterococcer, som har D<sub>70</sub>-værdier på 0,3-1,7 minutter, er mere varmeresistente end <i>L. monocytogenes</i>. Ligeledes indgår vurderingen af non-patogene clostridier og bacillus, som evt. kan fordærve produkterne, heller ikke.</p>
<p><i>Sous vide</i></p>	<p>Sous vide defineres i denne rapport som produkter, der er vakuumpakede og har gennemgået en varmebehandling i detailemballagen. Der er således ikke risiko for rekontaminering af produktet efter varmebehandlingen.</p>
<p><i>Anvendte varmebehandlinger</i></p>	<p>Ved sous vide-varmebehandling er målet ofte at anvende en kombination af relativt lave temperaturer og lang holdetid for derved at opnå en høj spisekvalitet (mørhed, saftighed), samtidig med at bakterier inaktiveres.</p>
<p><i>Forskellige anvendelser af sous vide</i></p>	<p>Sous vide kan anvendes i mange forskellige set-up, der medfører en bred vifte af produktgrupper fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkter, som spises umiddelbart efter varmebehandlingen</li> <li>• Produkter, som fryses umiddelbart efter varmebehandlingen, genopvarmes til serveringstemperatur og spises</li> <li>• Produkter, som varmebehandles og spises efter maks. 5 dages opbevaring og genopvarmning til serveringstemperatur (uden defineret holdetid)</li> <li>• Produkter, som varmebehandles og lagres i fx 4 uger ved maks. 3°C, og genopvarmes til serveringstemperatur (uden defineret holdetid)</li> <li>• Produkter, som varmebehandles og lagres i fx 4 uger ved maks. 5°C, og genopvarmes til serveringstemperatur (uden defineret holdetid)</li> </ul> <p>Sous vide anvendes også på flere forskellige typer af produkter fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hele stege, med eller uden overfladesaltning/-kryddring</li> <li>• Multistiksaltede stege, med eller uden overfladesaltning/-kryddring</li> <li>• Hakket kød, med eller uden overfladesaltning/-kryddring</li> </ul> <p>I det følgende gennemgås, hvilke mikrobiologiske risici der skal håndteres ved produktion og salg af de forskellige produktgrupper og typer af produkter.</p>

## Mikrobiologiske risici

### **Bakterier**

Fersk kød og krydderier kan være kontaminerede med følgende patogene bakterier:

- *Listeria monocytogenes*
- Salmonella
- VT E. coli
- *Y. enterocolitica*
- Campylobacter
- *Staphylococcus aureus*
- *Bacillus cereus*
- *Clostridium botulinum*
- *Clostridium perfringens*

### **Virus**

- Norovirus
- Hepatitis A
- Hepatitis E
- Rotavirus
- Astrovirus

### **Protozoer**

- Toxoplasma
- Taenia
- Trichinella
- Cryptosporidium
- Gardia

## Varmebehandlings effekt på bakterier

Vegetative bakterieceller inaktiveres med varierende hastighed ved temperaturer over 55-60°C.

Sporer fra *Clostridium* sp. og *Bacillus* sp. inaktiveres ved temperaturer over 90°C (psykrotrofe arter) eller ved temperaturer over 100°C (mesofile arter).

### Vurdering

Sporer inaktiveres ikke ved temperaturer under 75°C.

Overlevelse/inaktivering af vegetative bakterieceller uddybes senere i denne rapport.

## Kølelagringens betydning for vækst af mikroorganismer

Virus og protozoer opformerer ikke i kølelagrede produkter. Opformering kræver en levende vært.

Følgende bakterier kan opformerer under kølelagring:

- *Yersinia enterocolitica* ( $T_{\min} = 0^{\circ}\text{C}$ )
- *Listeria monocytogenes* ( $T_{\min} = 1^{\circ}\text{C}$ )
- *Clostridium botulinum* ( $T_{\min} = 3^{\circ}\text{C}$ )
- *B. cereus* ( $T_{\min} = 4^{\circ}\text{C}$ )
- *Salmonella* ( $T_{\min} = 5^{\circ}\text{C}$ )

De øvrige patogene bakterier, angivet som risiko tidligere i rapporten, vil ikke opformerer i fødevarer, som opbevares ved maks. 5°C. Kilde: Fakta om fødevarerhygiejne. Bakterier (Fødevarerstyrelsen, 2005).

Med CombasePredictor kan vækst af *L. monocytogenes* og *C. botulinum* prædikteres.

Vækst af  
*Listeria monocytogenes*

I tabel 1 ses temperaturens betydning for vækst af *L. monocytogenes*. Prædiktionerne viser, at ved 3°C vil tiden til 1 log vækst være ca. 9 dage (217 timer), og ved 5°C vil tiden for 1 log vækst være ca. 6 dage (141 timer).

Et produkt, hvor der er mulighed for overlevende celler af *L. monocytogenes*, kan derfor ikke gives en lang holdbarhed på fx 30 dage, når slutproduktets indhold af *L. monocytogenes* ikke må overstige 100 cfu/g.

Beregningerne i tabel 1A-B viser, at tiden til 2 log vækst er ca. 8 dage ved 5°C, når nølefasen indregnes i modellen (figur 1A, CombasePredictor), og kun 4-5 dage, når nølefasen ikke indgår i modellen (figur 1B, DMRIPredict).

**Tabel 1A.** Prædikteret vækst (dage) af *L. monocytogenes* ved 1°C-8°C, pH 6,2,  $a_w$  0,997 (ca. 0,6% NaCl) (kilde: CombasePredictor)

Temp.	<i>L. monocytogenes</i>			
	1 log	2 log	3 log	4 log
0°C	Ingen vækst, $T_{min} = 1°C$			
1°C	14,2	19,8	25,2	30,6
2°C	11,3	15,8	20,0	24,3
3°C	9,0	12,5	16,0	18,6
5°C	5,9	8,2	10,4	12,7
8°C	3,3	4,5	5,8	7,0

**Tabel 1B.** Prædikteret vækst (dage) af *L. monocytogenes* ved 2°C-8°C, pH 6,2, 0,8% salt/78% vand (lavest salt-/vandforhold), 0,7% Na-laktat (naturligt indhold i kød indgår automatisk i modellen) (kilde: DMRIPredict)

Temp.	<i>L. monocytogenes</i>			
	1 log	2 log	3 log	4 log
1°C	Prædiktion ikke mulig			
2°C	6,8	13,5	20,2	26,9
3°C	4,4	8,8	13,1	17,5
5°C	2,2	4,4	6,6	8,8
8°C	1,2	2,4	3,6	4,8

Vækst af *L. monocytogenes* kan hæmmes ved tilsætning af salt og na-laktat.

Beregninger med DMRIPredict viser fx, at kombinationen pH 6,2+2,5% na-laktat+0,8% NaCl (75% vand i produktet) kan sikre mindre end 2 log vækst på 30 dage ved 5°C. Denne mængde konservering eller en anden kombination er nødvendig for at sikre mod vækst af *L. monocytogenes* i et produkt, hvor varmebehandlingen har givet en reduktion på under 6 log.

#### Vurdering (listeria)

Hvis varmebehandlingen har reduceret listeria, til at kun få celler har overlevet (maks. 1 cfu/10 g = 0,1 cfu/g), da vil en 2-3 log vækst af listeria under lagringen betyde, at antallet af listeria når det maksimalt tilladte indhold på 2 log.

Det giver en estimeret holdbarhedstid på ca. 8-10 dage ved 5°C.

#### Vækst af *Clostridium botulinum*

I tabel 2 ses temperaturens betydning for vækst af *C. botulinum*. Prædiktionerne viser, at ved 3°C er der ingen vækst, mens nølefasen (tid til 0,1 log vækst) ved 5°C er ca. 10 dage, og ved 8°C vil nølefasen være ca. 3-4 dage. Tiden til første celledeling (0,3 log vækst) er 11 dage ved 5°C og 4 dage ved 8°C.

**Tabel 2.** Prædikteret vækst (dage) af *C. botulinum* ved 1°C-8°C, pH 6,2,  $a_w$  0,997 (kilde: CombasePredictor)

Temp.	<i>C. botulinum</i>			
	0,1 log	0,3 log	0,5 log	1 log
1°C	vækst ikke muligt			
2°C	vækst ikke muligt			
3°C	vækst ikke muligt ( $T_{min}=3,3°C$ )			
4°C	14,1	16,4	17,7	20,0
5°C	9,8	11,4	12,2	13,8
8°C	3,6	4,2	4,5	5,1

#### Kontrol med sporedannende bakterier

Da sporedannende bakterier kan overleve varmebehandling ved 58-75°C, skal vækst af disse mikroorganismer hindres ved konservering eller opbevaring ved temperaturer under deres vækstminimum.

Sikre holdbarhedstider i forhold til vækst af psykrotrofe *C. botulinum* er:

- under 8°C i maks. 10 dage
- under 3°C er der ingen vækst.

Kilde: FSA Guidance (2017)

For *B. cereus* er det ikke muligt at beregne vækst ved 4°C. Ved 5°C vil *B. cereus* kunne øges med 1,5 log cfu/g på 10 dage (5°C, pH 6,2;  $a_w$  0,997). Fødevareforgiftning med *B. cereus* skyldes to forskellige slags toksiner, som dannes under vækst. Cereulidproduktion sker under vækst i fødevareren. Denne produktion er meget langsom ved 5°C, og hvis der ikke er ilt til stede i pakningen, hæmmes cereulidproduktionen yderligere.

Thorsen, et al. (2009) viste, at cereulidproduktion ikke kan finde sted i kritisk niveau ved opbevaring ved 5-8°C i op til 4 uger, selv om bakterierne voksede. Det andet toksin dannes under vækst i tarmen, hvorfor et stort antal af *B. cereus* i produktet skal undgås.

Forgiftning forårsaget af *B. cereus* er primært relateret til varmebehandlede levnedsmidler, som opbevares ved temperatur-/tidskombinationer, der tillader vækst til antal på over 10<sup>6</sup> cfu/g, fx kogte ris som opbevares natten over ved stuetemperatur (Kilde: Faktablade i Generisk hazardanalyse, L&F).

Det vurderes generelt, at fødevarer, som opbevares ved maks. 5°C, er acceptable i forhold til at sikre mod kritisk vækst af *B. cereus*. (Kilde: Faktablade i Generisk hazardanalyse, L&F). Men der foreligger ikke egentlige studier/challengetest, som har undersøgt vækst og toksinproduktion i sous vide-varmebehandlede produkter opbevaret ved 5°C i lang tid.

#### Vurdering (patogene sporedannende bakterier)

Sous vide-behandlede kødprodukter, som er varmebehandlet til under 75°C, kan opbevares ved maks. 3°C (tid ikke begrænset) eller ved maks. 5°C i maks. 10 dage, når vækst af patogene sporedannende bakterier skal undgås.

I forhold til kontrol af de sporedannende bakterier kan holdbarhedstiden også fastlægges ved en kombination af lagringstemperaturer fx 10 dage ved 2°C (ingen vækst) efterfulgt af 10 dage ved 5°C.

#### *Krav til varmebehandlingen*

Vegetative celler af *Yersinia* og *Listeria* kan vokse ned til 0-1°C. Derfor vil kølelagring ved 3°C ikke hindre vækst af disse organismer, dersom de overlever varmebehandlingen. Der skal derfor være fokus på, at kombinationen af temperatur og tid sikrer en tilstrækkelig inaktivering af disse organismer. Da *L. monocytogenes* er væsentlig mere varmemodstandsdygtig end *Y. enterocolitica*, er der fokus på *L. monocytogenes* i denne rapport.

Varmeresistensen er jf. van Asselt & Zwietering (2006):

- *Y. enterocolitica*:
  - D<sub>70</sub> (middel) = 0,02 minutter
  - D<sub>70</sub> (95% PI) = 0,12 minutter
- *L. monocytogenes*:
  - D<sub>70</sub> (middel) = 0,087 minutter
  - D<sub>70</sub> (95% PI) = 0,52 minutter

Disse D-værdier er baseret på et stort antal forsøg med forskellige stammer, forskellige produkter og forskellig konservering (salt, pH, laktat m.v.). Dvs. de dækker forskellige laboratoriesubstrater, kødtyper, grøntsager og andre fødevarer. Studiet konkluderer, at der er store variationer, men der er ikke systematisk højere D-værdier i én fødevare end i en

anden. Variationen mellem stammer er fx endnu højere. Studiet angiver, at for salmonella er D-værdien signifikant højere i chokolade, og for listeria er D-værdien signifikant højere i 10% NaCl.

Valg af D-værdi er vanskelig. Det skyldes, at varmetolerancen hos *L. monocytogenes* varierer betydeligt. D-værdien påvirkes bl.a. af:

- Hvilken stamme der undersøges (miljøisolater kan være mere resistente end produktisolater)
- Saltindholdet, der øger D-værdien
- Fosfatindholdet, der øger D-værdien
- Cellernes vækstfase, idet stationære celler er mere varmeresistente end eksponentielt voksende celler
- Graden af udsultning, som øger varmeresistensen
- Ethanol, som øger varmeresistensen

Et nyligt studium (Al-Hilali, 2019) har vist, at *L. monocytogenes* (serotype 1/2a) fra et produktionsmiljø havde en høj varmeresistens i kylling. Ved forsøgene blev der fundet en  $D_{58^{\circ}\text{C}}$ -værdi på 18,9-25,9 minutter i fersk kylling. I kylling med 2,8% salt (WPS) var  $D_{58^{\circ}\text{C}}$  på 33,3-35,1 minutter, og i kylling med 6% salt (WPS) var  $D_{58^{\circ}\text{C}}$  på 43,7-67,6 minutter. En mindre varmeresistent stamme fra et fiskeprodukt havde  $D_{58^{\circ}\text{C}}$ -værdier på 7,2-8,0 minutter i kylling uden tilsat salt,  $D_{58^{\circ}\text{C}}$  på 16,7-18,7 minutter (2,8% WPS) og  $D_{58^{\circ}\text{C}}$  på 25,7-35,0 minutter (5,6% WPS).

Hvis  $D_{70}$  (95% PI) = 0,52 minutter fra van Asselt & Zwietering (2006) omregnes til en  $D_{58}$ -værdi ( $z=7$ ), fås en  $D_{58}$ -værdi på ca. 25 minutter, hvilket er samme niveau som fundet i kyllingeforsøgene af Al-Hilali (2019).

Shen et al. (2014) undersøgte 37 forskellige *L. monocytogenes*-stammers varmeresistens ved 60°C. Forsøgene blev gennemført i laboratoriemedier. Podeniveauet var ca. 8 log cfu/g. Efter varmebehandling ved 60°C i 10 minutter havde 25 stammer en overlevelse på 0-2 log cfu/ml. 9 stammer havde en overlevelse på 2-4 log cfu/ml, og 3 stammer havde en overlevelse på 4-6 log cfu/ml.

$D_{60}$ -værdierne varierede fra 1,9 minutter (lav varmeresistens) til 4,3 minutter (høj varmeresistens). En varmeadaptation på 30 minutter ved 48°C fordoblede varmeresistensen. Denne øgede varmeresistens blev bevaret i 2 dage ved 4°C (ingen undersøgelse af længere tids køleopbevaring).

Internationale studier af *Listeria monocytogenes*' varmeresistens i kød med og uden tilsat salt viser, at der er stor variation. Nogle eksempler er samlet i følgende tabel:



**Table 3.** Eksempler på D-værdier fundet i kød uden konservering.

Produkt	Konservering	D-værdi	Reference
Gris, hakket	pH 6,5	D <sub>55</sub> = 15,7 ± 0,9 D <sub>57,5</sub> = 5,0 ± 0,2 D <sub>60</sub> = 1,6 ± 0,2 D <sub>62,5</sub> = 0,8 ± 0,2	Lihono et al. (2001)
Gris, fersk	?	D <sub>62</sub> = 5,2-7,7 D <sub>62</sub> = 9,3 (langsom opvarmning, 1,3°C/minut)	Kim et al. (1994) cf. Doyle et al. (2001)
Kyllingebrystfilet, hakket	0,14% WPS, pH 5,8-6,0	D <sub>58</sub> = 22,4 ± 4,9 D <sub>58</sub> = 7,6 ± 0,5	Al-Hilali (2019)
	3% WPS, pH 5,8-6,0	D <sub>58</sub> = 34,0 ± 1,0 D <sub>58</sub> = 17,7 ± 1,4	Al-Hilali (2019)
Kyllingebryst, fersk	pH 5,7-5,8	D <sub>55</sub> = 13 D <sub>60</sub> = 8,7	Mackey et al. (1990) cf. Doyle et al. (2001)
Kylling, kogt		D <sub>60</sub> = 5,0-5,3 D <sub>62</sub> = 2,2-2,5 D <sub>70</sub> = 0,2	Gaze et al. (1989) cf. Doyle et al. (2001)
Kyllingelår	pH 6,4-6,7	D <sub>60</sub> = 5,6	ICMSF, 1996
Oksekød	pH 5,4	D <sub>60</sub> = 3,1-8,7 <sup>a)</sup>	Jørgensen et al. (1999) cf.
	pH 6,2	D <sub>60</sub> = 4,0-12,5 <sup>a)</sup>	Doyle et al. (2001)
Beef steak	?	D <sub>60</sub> = 6,3-8,3 D <sub>70</sub> = 0,14-0,2	ICMSF, 1996
Beef	pH 5,5	D <sub>60</sub> = 3,8 D <sub>65</sub> = 0,93 D <sub>70</sub> = 0,14	ICMSF, 1996
Lakserogn	pH 6,2 a <sub>w</sub> 0,987 (0% salt)	D <sub>57,5</sub> = 3,4; 6,7; 4,0 D <sub>60,0</sub> = 1,3; 1,4; 1,4 D <sub>62,5</sub> = 0,5; 0,4; 0,3 D <sub>65</sub> = 0,14; 0,10; 0,11	Li et al. (2017)

<sup>a)</sup> varierende vækstfase, med og uden heat shock (46°C/30 minutter)

Få nyere publikationer har forsøgt at udvikle modeller, som beskriver inaktiveringen af *L. monocytogenes* under varmebehandling.

Juneja et al. (2014) har udviklet en model, som kan prædikere den kombinerede effekt af temperatur (60-73,9°C), salt (0-4,5%), fosfat (0-0,5%) og laktat (0-4,5%) på overlevelse af *L. monocytogenes* i hakket oksekød. I tabel 4 ses de estimerede tider for 5 og 6 log reduktion af *L. monocytogenes*. pH for kødet er ikke oplyst.

**Tabel 4.** Estimeret tid (minutter) for 5 og 6 log reduktion af *L. monocytogenes* i hakket oksekød uden salt. 90% konfidensinterval viser variationen (Juneja et al., 2014).

Temperatur	Minutter for 5 log reduktion	90% interval	Minutter for 6 log reduktion	90% interval
60°C	82,1	52,0-130	98,4	56,5-171
72°C	0,82	0,40-1,66	1,05	0,43-2,56

En 5 log reduktion med  $D_{60} = 4,0-12,5$  (Jørgensen et al., 1999) tager 20-62,5 minutter ved 60°C, mens værdierne fra Juneja et al. (2014) angiver, at 5 log reduktion tager 52-130 minutter. Juneja-værdierne for inaktivering af *L. monocytogenes* er således væsentligt højere.

I kylling er der fundet D-værdien  $D_{60} = 8,7$  minutter (Mackey et al. (1990) cf. Doyle et al. (2001)). Det giver 5 log reduktion på 43,5 minutter, hvilket også er væsentlig kortere tid end beskrevet med modellen af Juneja et al. (2014).

Al-Hilali (2019) fandt en  $D_{58}$ -værdi på 18,9-25,9 i hakket kyllingebryst. Omregnet til  $D_{60}$  med en z-værdi på 4,2 (varierede mellem 3,2 og 6,1) fås en  $D_{60}$ -værdi på 6,3-8,7. Anvendes z-værdien 6,1, fås en  $D_{60}$ -værdi på 8,9-12,2. Det betyder, at en beregnet 5 log reduktion tager mellem 31,5 og 61 minutter, hvilket også er i den laveste ende af de værdier, modellen af Juneja et al. (2014) prædikterer.

Li et al. (2017) undersøgte varmeinaktivering af 3 forskellige stammer i lakserogn. Studiet viste signifikant stammevariation samt øget D-værdi med øget saltmængde. Disse D-værdier fra lakserogn er lavere end værdierne, som findes for okse, gris og kylling.

Modellen af Juneja et al. (2014) kan anvendes i Excel-arket: Primary model Weibull survival curve\_29052019\_juneja 2014 varmedrab.xlsx.

Med udgangspunkt i D-værdierne for *L. monocytogenes* kan det beregnes, hvor lang tid et produkt skal varmebehandles ved en given temperatur for at opnå en ønsket reduktion af *L. monocytogenes*. Beregningerne er vist i tabel 5.

I tabel 5 ses for eksempel, at der kan opnås 4 log reduktion af en middelvarmeresistent *L. monocytogenes* ved en holdetid på 9,3 minutter ved 60°C. Er produktet derimod kontamineret med en meget varmemodstandsdygtig stamme, kræves en holdetid på 56 minutter ved 60°C for at opnå 4 log reduktion.

Et andet eksempel er, at 7 logs reduktion kræver en holdetid på 16,4 minutter for inaktivering af de middelvarmeresistente celler, mens de varmeresistente først inaktiveres med 7 log efter en holdetid på 98 minutter ved 60°C.

**Tabel 5.** Holdetider (minutter) for opnåelse af forskellig log reduktion af *L. monocytogenes*, z=7 (van Asselt & Zwietering (2006); DMRI regneark). Bemærk, at inaktivering under opvarmning ikke er medregnet. Jo højere temperatur, der opvarmes til, jo større effekt får opvarmningsperioden for inaktivering.

Temp. (°C)	z-værdi (°C)	D <sub>70</sub> -middel = 0,087 minutter				D <sub>70</sub> – 95% PI = 0,52 minutter			
		Tid til 3 log	Tid til 4 log	Tid til 6 log	Tid til 7 log	Tid til 3 log	Tid til 4 log	Tid til 6 log	Tid til 7 log
75	7	0,05	0,07	0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7
72	7	0,14	0,2	0,3	0,3	0,8	1,1	1,7	1,9
70	7	0,26	0,4	0,6	0,6	1,6	2,1	3,1	3,7
68	7	0,5	0,7	1	1,2	3	4	6	7
65	7	1,4	1,8	2,7	3,2	8	11	16	19
63	7	2,6	3,5	5,2	6,1	16	21	31	37
60	7	6,9	9,3	14	16,4	42	56	84	98
58	7	13,3	18	27	32	80	107	161	188
55	7	36	48	72	85	220	286	430	505
53	7	70	93	140	164	420	560	840	970

Af tabel 6 ses den nødvendige varmebehandlingstid (kun holdetidens effekt er medregnet) ved forskellige temperaturer og med D-værdier fra forskellige studier.

**Tabel 6.** Holdetider ved 58°C og 60°C for 4, 6 og 7 log inaktivering af *L. monocytogenes*

Temp. (°C)	D-værdi	z-værdi	tid til 4 log	tid til 6 log	tid til 7 log
58°C	D <sub>60</sub> = 4,0	7	31	46	54
	D <sub>60</sub> = 8,7	7	68	100	118
	D <sub>58</sub> = 18,9	7	75	114	132
	D <sub>60</sub> = 12,5	7	97	145	170
	D <sub>58</sub> = 25,9	7	103	155	182
	D <sub>70</sub> = 0,52	7	107	161	188
60°C	D <sub>60</sub> = 4,0	7	16	24	28
	D <sub>60</sub> = 8,7	7	35	52	61
	D <sub>58</sub> = 18,9	7	39	59	69
	D <sub>60</sub> = 12,5	7	50	75	88
	D <sub>58</sub> = 25,9	7	54	80	94
	D <sub>70</sub> = 0,52	7	56	84	98

#### Valg af nødvendig log reduktion af *L. monocytogenes*

I det følgende gives en risikobaseret vurdering af, hvor stor en inaktivering af *L. monocytogenes* der er nødvendigt for forskellige sous vide-/LTLT-produktioner. Kravet til inaktivering afhænger af den ønskede holdbarhed (tid/temperatur) efter varmebehandlingen, samt hvilke drab genopvarmningen/færdigtillberedningen giver, dersom den vælges at udgøre en del af konceptets fødevarer sikkerhed.

Produkter, som spises umiddelbart efter varmebehandlingen

*L. monocytogenes* forekommer relativt hyppigt i ferske fødevarer, men antallet pr. gram er ofte under 100 cfu/g.

Derfor kan en varmebehandling, som kun giver 1-4 log reduktion, accepteres, da produktet skal spises med det samme, hvorved forekomst over 100 cfu/g ikke er muligt.

I henhold til EU's mikrobiologiske kriterier må en fødevarer maksimalt indeholde 100 listeria/g, når opbevaringstid eller konservering hindrer vækst. En holdbarhedstid på under 5 dage kræver ingen yderligere stabilisering mod vækst, da tiden er for kort til opformering.

NB: sporer overlever, men kan ikke opformeres.

Produkter, som opbevares på frost umiddelbart efter varmebehandlingen. De optøede produkter færdigtilberedes til serveringstemperatur fx 58-60°C og spises derefter

*L. monocytogenes* forekommer relativt hyppigt i ferske fødevarer, men antallet pr. gram er ofte under 100 cfu/g.

Derfor kan en varmebehandling, som kun giver 1-4 log reduktion, accepteres, da produktet fryses inden færdigtilberedning/genopvarmning og servering. Herved hindres opformering til over 100 cfu/g under frostlagring.

I henhold til EU's mikrobiologiske kriterier må en fødevarer maksimalt indeholde 100 listeria/g, når opbevaringstemperatur eller konservering hindrer vækst. Opbevaring på frost hindrer opformering, og der skal ikke stilles krav til genopvarmningens drabseffekt af *L. monocytogenes*.

NB: sporer overlever, men kan ikke opformeres.

Produkter, som opbevares ved maks. 5°C i under 5 dage, og derefter færdigtilberedes/genopvarmes til serveringstemperatur fx 58-60°C og derefter spises

*L. monocytogenes* forekommer relativt hyppigt i ferske fødevarer, men antallet pr. gram er ofte under 100 cfu/g.

Derfor kan en varmebehandling, som kun giver 1-4 log reduktion, accepteres, da produktet opbevares ved maks. 5°C i under 5 dage, hvorved opformering til over 100 cfu/g hindres.

I henhold til EU's mikrobiologiske kriterier må en fødevarer maksimalt indeholde 100 listeria/g, når opbevaringstid eller konservering hindrer vækst. En holdbarhedstid på under 5 dage kræver ingen yderligere stabilisering mod vækst. Ligeledes skal der ikke stilles krav til genopvarmningens drabseffekt af *L. monocytogenes*.

NB: sporer overlever, men vil ikke opformeres til kritisk antal.

Produkter, som opbevares ved maks. 5°C i maks. 10 dage og derefter genopvarmes til serveringstemperatur fx 58-60°C og derefter spises

*L. monocytogenes* forekommer relativt hyppigt i ferske fødevarer, men antallet pr. gram er ofte under 100 cfu/g.

Den prædikterede vækst af *L. monocytogenes* er ca. 3 log på 10 dage ved 5°C. Derfor er det nødvendigt med en kraftigere varmebehandling, som sikrer mere end 1-4 log reduktion af *L. monocytogenes*, dersom der ikke stilles krav til den varmebehandling, der gennemføres før servering. Det vurderes, at en 6-7 log inaktivering af de mest varmeresistente celler vil give en acceptabel fødevarer sikkerhed. Det er fx 60°C i 84-98 minutter.

**HVIS** der stilles krav til tid/temperatur ved genopvarmningen i forbindelse med servering, kan en mildere varmebehandling tillades. Men så skal denne varmebehandling foretages før køleopbevaring og igen før servering. Dvs. to varmebehandlinger, som hver sikrer 3-4 log reduktion af de mest varmeresistente *L. monocytogenes*. Det er fx 60°C i 42-56 minutter før køl og igen før servering.

NB: sporer overlever, men vil ikke opformerer til kritisk niveau.

Produkter, som opbevares ved maks. 5°C i maks. 30 dage og derefter genopvarmes til serveringstemperatur fx 58-60°C og derefter spises

*L. monocytogenes* forekommer relativt hyppigt i ferske fødevarer, men antallet pr. gram er ofte under 100 cfu/g.

Den prædikterede vækst af *L. monocytogenes* er ca. 8 log på 30 dage ved 5°C. Derfor er det nødvendigt med en kraftig varmebehandling, som sikrer 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*, så der ikke er risiko for overlevende bakterier, der vil kunne vokse frem i produktet under lagringen. Det er fx 60°C i 84-98 minutter, 70°C i 3-4 minutter eller 72°C i 2 minutter.

Et sådant produkt er sammenligneligt med pålægsgodter som skinke og hamburgerryg, der også gives et såkaldt listeria-kog (6-7 log reduktion) for at sikre, at listeria ikke overlever.

NB: sporer overlever OG kan opformerer til kritisk antal.

Produkter, som opbevares ved 1-3°C i 30-90 dage og derefter færdigtillædes/genopvarmes til serveringstemperatur fx 58-60°C og derefter spises

*L. monocytogenes* forekommer relativt hyppigt i ferske fødevarer, men antallet pr. gram er ofte under 100 cfu/g.

Den prædikterede vækst af *L. monocytogenes* er ca. 7 log på 30 dage ved 3°C. Ved 1°C er den prædikterede vækst ca. 4 log på 30 dage. Derfor er det nødvendigt med en kraftig varmebehandling, som sikrer 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*, så der ikke er risiko for overlevende

bakterier, der vil kunne vokse frem i produktet under lagringen ved 1-3°C. Det er fx 60°C i 84-98 minutter, 70°C i 3-4 minutter eller 72°C i 2 minutter.

Et sådant produkt er sammenligneligt med pålægsprodukter, som skinke og hamburgerryg, der også gives et såkaldt listeria-kog (6-7 log reduktion) for at sikre, at listeria ikke overlever.

NB: sporer overlever, men vil ikke opformerer til kritisk niveau.

#### *Tidligere holdbarhedsanbefalinger for sous vide-produkter*

Sous vide er ikke en ny teknologi. Ældre anbefalinger fra Frankrig angiver følgende retningslinjer for varmebehandling og holdbarhed (Gorris & Peck, 1998 cf. Fakta om sous-vide, Fødevarerdirektoratet, 2000):

##### *6 dages holdbarhed*

Varmebehandling til 70°C i mindst 40 minutter og køleopbevaring.

##### *21 dages holdbarhed*

Varmebehandling til 70°C i 100 minutter med lagring ved 4°C i maks. 14 dage efterfulgt af 8°C i maks. 7 dage.

##### *42 dages holdbarhed*

Varmebehandling til 70°C i 17 timer med lagring ved 3°C i 28 dage efterfulgt af 8°C i 14 dage.

Disse franske anbefalinger af ældre dato er meget kraftige varmebehandlinger i forhold til de anbefalinger, som indgår i denne rapport. Dette skyldes, at de har fokus på både sporedannere som Clostridium samt vegetative bakterier som listeria.

Udover vurdering af bakteriers overlevelse og vækst bør reduktion af virus og protozoer også vurderes.

#### *Varmebehandlingens effekt på virus*

Virus kræver en del varme for at inaktiveres.

Norovirus kan overleve 30 minutter ved 60°C. Hepatitis A kan overleve 1 time ved 60°C, og Hepatitis E kan overleve 1 time ved 56°C.

Norovirus inaktiveres ved 100°C, Hepatitis A inaktiveres ved temperaturer over 85°C i 1 time, og Hepatitis E inaktiveres ved 71°C i 5-20 minutter (Kilde: Faktablade i Generisk hazardanalyse, L&F)

#### Vurdering

Milde varmebehandlinger til fx 58°C/72 minutter eller 60°C/35 minutter vil derfor ikke inaktivere alle fødevarebårne virus.

I forhold til virus vil produkterne have en status, der ligger mellem ferske og kogte produkter.

### Varmebehandlings effekt på protozoer

Indkapslede trikinlarver dræbes ved temperaturer over +57°C, men det anbefales at varme kødet op til +77°C.

*Toxoplasma gondii* cyster er ret varmemodstandsdygtige og dræbes først ved +70°C.

Tania cysterne (tinter) dræbes ved temperaturer over +56°C.

Cryptosporidium oocyster, som havner på kødets overflade, dræbes ved 64°C i 5 minutter eller 72°C i 1 minut.

Kilde: Faktablade i Generisk hazardanalyse, L&F.

### Vurdering

Milde varmebehandlinger til fx 58°C/72 minutter eller 60°C/35 minutter vil ikke inaktivere alle fødevarebårne protozoer.

I forhold til protozoer vil produkterne have en status, der ligger mellem ferske og kogte produkter.

### **Konklusion – krav til log reduktion under varmebehandling i forhold til opbevaringstid og -temperatur**

Sikker varmebehandling skal således ses i relation til den ønskede opbevaring under distribution. Både *L. monocytogenes* og sporedannende bakterier skal håndteres. Enten skal de inaktiveres med 6-7 log, eller også skal deres vækst under lagring undgås.

### *Sporedannende Clostridium og bacillus*

Varmebehandling til under 75°C (uanset holdetid) inaktiverer ikke sporer fra *Bacillus cereus* og *Clostridium botulinum*.

Derfor skal produkter, der er varmebehandlet til under 75°C, opbevares på en sådan måde, at vækst af disse bakterier undgås.

Både *B. cereus* og *C. botulinum* kan opformeres ved 5°C, som er den almindeligt anvendte opbevaringstemperatur i Danmark.

Anbefalingen for at undgå vækst af *C. botulinum* og *B. cereus* er:

- Opbevaring under 8°C i maks. 10 dage
- Opbevaring under 3°C.
- Tilsætning af fx salt, laktat og nitrit i en kombination, som hindrer vækst ved fx 5°C.

### *Listeria monocytogenes*

Hvis *L. monocytogenes* overlever varmebehandlingen, kan den opformeres i produkter, som lagres ved temperaturer over 0°C dvs. både ved 5°C og 3°C.

Den ønskede holdbarhedstid og opbevaringstemperatur for det varmebehandlede produkt er afgørende for den nødvendige varmebehandling.

Frostlagring eller maks. 5 dages opbevaring under 8°C

- 1-4 log reduktion er nok, da antallet af *L. monocytogenes* i friske kød-råvarer er lavt (<100 cfu/g)
- NB: vækst af sporer undgås

Kølelagring ved 5°C i op til 10 dage

- Der kræves to varmebehandlinger, som hver sikrer 3-4 log reduktion af de mest varmeresistente *L. monocytogenes*. Det er fx 60°C i 42-56 minutter før køl og igen før servering.
- Eller produktet varmebehandles, så der opnås 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*. Herved hindres, at der er overlevende listeria i produkterne, som kan vokse frem.
- NB: vækst af sporer undgås.

Kølelagring ved 3-5°C i op til 30 dage

- Der kræves en 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*, da overlevende celler vil kunne opformeres til høje niveauer under lagring i fx 30 dage.
- NB: sporer kan vokse ved temperaturer over 3°C

For at undgå vækst af overlevende sporer eller *L. monocytogenes* i sous vide-behandlede fødevarer er det sikre valg, at produkterne opbevares på frost eller maks. 10 dage ved maks. 5°C, før de anvendes. Prædiktioner viser, at *L. monocytogenes* kan vokse med knap 1 log på 5 dage og 3 log på 10 dage. Der er derfor krav om, at den efterfølgende varmebehandling sikrer 1-2 log drab af *Listeria*, inden produktet spises. *C. botulinum* vil ikke vokse under 10 dages opbevaring ved 5°C.

Ønskes længere holdbarheder ved opbevaring ved fx 1-3°C, hindres vækst af *C. botulinum* og *B. cereus*, MEN overlevende *L. monocytogenes* vil kunne vokse frem. Derfor skal den anvendte varmebehandling sikre 6-7 log reduktion af *L. monocytogenes*.

**Betydning af produkttype, som varmebehandles**

Sous vide-/LTLT-behandling foretages på flere forskellige produkttyper fx:

- Hele stege, med eller uden overfladesaltning/-kryddring
  - For hele stege er der ikke bakterier i centrum. Derfor gælder kravet til varmebehandlingstiden overfladen af kødstykket.
- Multistiksaltede stege, med eller uden overfladesaltning/-kryddring
  - For stiksaltede stege er der bakterier på overflade og i centrum af kødet. Derfor gælder kravet til varmebehandlingstiden centrumtemperaturen i kødstykket.



- Hakket kød, med eller uden overfladesaltning/-krydring
  - For hakket kød er der bakterier på overflade og i centrum af kødet. Derfor gælder kravet til varmebehandlingstiden centrumtemperaturen i kødstykket.

#### Krav til nedkøling

Ved fremstilling af varmebehandlede kødprodukter er det vigtigt også at sikre korrekt nedkøling, dersom produkterne skal opbevares på køl, før de færdigtillberedes.

Nedkølingen skal hindre vækst af de bakterier, som har overlevet varmebehandlingen. Den bakterie, der anvendes som indikator for, at nedkølingen er tilfredsstillende, er *C. perfringens*. *Clostridium perfringens* er kendetegnet ved at vokse hurtigt fra 50°C og ned til 12-15°C. De generelle anbefalinger er, at kødet skal køles til under 10°C på maks. 3 timer. Afvigelser herfra kan accepteres, hvis en kombination af konservering (pH, salt, nitrit) og nedkølingsprofil kan dokumenteres ikke at udgøre nogen risiko for vækst (< 1 log vækst). Vækst under nedkøling kan prædikteres med Combases PerfringensPredictor.

#### Referencer

Al-Hilali (2019) Survival of *Listeria monocytogenes* in heat-treated foods. Master thesis, DTU-Food.

CombasePredictor. <https://www.combase.cc/index.php/en/>

DMRIPredict. <http://dmripredict.dk/Default.aspx>

Doyle, M.E., A.S., Mazzotta, T. Wang, D.W. Wiseman & V.N. Scott (2001) Heat resistance of *Listeria monocytogenes*. *J. Food Protection* 64(3)410-429.

Fakta om fødevarerhygiejne. Bakterier. Fødevarestyrelsen, 2005  
<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Publikationer/Alle%20publikationer/2005212.pdf>

Fakta om sous-vide, tilberedning i vakuumposer. Fødevaredirektoratet, 2000.

Faktablade i Generisk hazardanalyse, L&F. [https://secure.e-smiley.dk/api/public\\_control\\_programme.php?deal\\_id=17511&code=c75672df9f9a9d676dfb9dbf4a81627f&programme=6244&programme\\_key=c12b0f9251ac616b56037b9903a246f2#ecc\\_258656](https://secure.e-smiley.dk/api/public_control_programme.php?deal_id=17511&code=c75672df9f9a9d676dfb9dbf4a81627f&programme=6244&programme_key=c12b0f9251ac616b56037b9903a246f2#ecc_258656)

FSA Guidance (2017) <https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/vacpacguide.pdf>

Gaze, J. E., G. D. Brown, D. E. Gaskell, and J. G. Banks. 1989. Heat resistance of *Listeria monocytogenes* in homogenates of chicken, beef steak and carrot. *Food Microbiol.* 6:251–259.

Gorris, L.G.M. and Peck, M.W. (1998). Microbial safety considerations when using hurdle technology with refrigerated processed foods of extended durability. Kap. 9 i bogen: sous-vide and cook-chill processing for the food industry. Ghazala. S. Apen Publishers, Maryland.

ICMSF (1996) *Microorganisms in food*. Blackie Academic and Professional, London, 513 pp.

Juneja, V., S. Mukhopadhyaya, H. Marks, T.B. Mohr, A. Warning & A. Datta (2014) Predictive thermal inactivation model for effects and interactions of temperature, NaCl, sodium pyrophosphate and sodium lactate on *Listeria monocytogenes* in ground beef. *Food Bioprocess Technol.* 7, 437-446

Jørgensen, F., P. J. Stephens, and S. Knøchel. 1999. Heat shock-induced thermotolerance in *Listeria monocytogenes* 13-249 is dependent on growth phase, pH and lactic acid. *Food Microbiology* 16: 185-194.

Kim, K. T., E. A. Murano, and D. G. Olson. 1994. Heating and storage conditions affect survival and recovery of *Listeria monocytogenes* in ground pork. *J. Food Sci.* 59:30–32, 39.

Primary model Weibull survival curve\_29052019\_juneja 2014 var-medrab.xlsx. (Kontakt Anette Granly Koch, Teknologisk institut)

Li, C., L. Huang, C. Hwang (2017) Effect of temperature and salt on thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in salmon roe. *Food Control* 73, 406-410

Lihono, M.A., A.F. Mendonca, J.S. Dickson & P.M. Dixon (2001) Influence of sodium pyrophosphate on thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in pork slurry and ground pork. *Food Microbiology* 18, 269-276.

Mackey, B. M., C. Pritchett, A. Norris, and G. C. Mead. 1990. Heat resistance of *Listeria*: strain differences and effects of meat type and curing salts. *Lett. Appl. Microbiol.* 10:251–255.

Shen, Q, P.M. Jangam, K. A. Soni, R. Nannapaneni, W. Schilling & J.L. Silva. (2014) Low, medium and high heat tolerant strains of *Listeria monocytogenes* and increased heat resistance after exposure to sublethal heat. *J. food protection*, 77(8) 1298-1307

Thorsen, L., Budde BB, Henrichsen L, Martinussen T, Jakobsen M. (2009) Cereulide formation by *Bacillus weihenstephanensis* and mesophilic emetic *Bacillus cereus* at temperature abuse depends on pre-incubation conditions. *Int J Food Microbiol.* 34(1-2):133-9.

van Asselt, E.D. & M.H. Zwietering (2006): A systematic approach to determine global thermal inactivation parameters for various food pathogens. *Int. J. Food Microbiology* 107, 73-82.

## Ækvivalente varmebehandlinger

I nogle rapporter samt i lovgivningen bruges begrebet ækvivalente varmebehandlinger. Det er et MEGET teoretisk begreb, som kan give meget forskellige resultater, ud fra hvilke forudsætninger der stilles op. I nedenstående tabeller vises begrænsningerne ved begrebet ækvivalente varmebehandlinger.

**Krav: varmebehandling til 72°C/2 minutter**

Ved en sådan traditionel proces ses et drab af bakterier, fra temperaturen når 58°C og helt op til den ønskede holdetid på 2 minutter ved 72°C. Hvis der alligevel ønskes en beregning af, hvad en varmebehandling ved KUN 72°C/2 minutter modsvarer ved andre temperaturer, skal z-værdien anvendes. Z-værdien er dårligere bestemt end D-værdier og varierer mellem 3 og ca. 10 for *L. monocytogenes*. Beregningerne i nedenstående tabeller viser, at jo længere væk fra referencetemperaturen, jo større betydning får z-værdien. **Beregning af ækvivalente varmebehandlinger skal derfor anvendes med yderste forsigtighed.**

Ækvivalente tid/temperatur til 72°C/2 minutter ( $T_{ref}=72^{\circ}C$ )		
Temperatur	z=5	z=7
70	5	3,9
68	12,5	7,5
65	50	20
60	500	105
58	1250	200

**Krav: varmebehandling til 75°C/0,1 minut (momentant)**

Ved en sådan traditionel proces ses et drab af bakterier, fra temperaturen når 58°C og helt op til den ønskede temperatur 75°C. Hvis der alligevel ønskes en beregning af, hvad en varmebehandling ved KUN 75°C/momentant (0,1 minut) modsvarer ved andre temperaturer, skal z-værdien anvendes. Z-værdien er dårligere bestemt end D-værdier og varierer mellem 3 og ca. 10 for *L. monocytogenes*. Beregningerne i nedenstående tabeller viser, at jo længere væk fra referencetemperaturen, jo større betydning får z-værdien. **Beregning af ækvivalente varmebehandlinger skal derfor anvendes med yderste forsigtighed.**

Ækvivalente tid/temperatur til 75°C/0,1 minut ( $T_{ref}=72^{\circ}C$ )		
Temperatur	z=5	z=7
70	0,9	0,5
68	2,5	1,2
65	10	3
60	100	14
58	250	25

Eksemplerne viser, at 0,1 minut ved 75°C er en langt mildere varmebehandling end varmebehandling ved 72°C i 2 minutter. BEMÆRK, at det er, når man KUN medregner holdetiden. Ved vurdering af en varmebehandlingseffekt er hele processen vigtig. Og ækvivalente varmebehandlinger er et abstrakt begreb, som skal anvendes med yderste forsigtighed.